

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

IMPACTS DE L'ENTRAÎNEMENT PHYSIQUE SUR LA COGNITION,
LA QUALITÉ DE VIE ET LES CAPACITÉS FONCTIONNELLES
CHEZ LES PERSONNES ÂGÉES FRAGILES

THÈSE
PRÉSENTÉE
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DU DOCTORAT EN PSYCHOLOGIE

PAR
FRANCIS LANGLOIS

JANVIER 2013

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

J'aimerais en tout premier lieu remercier chaleureusement mon directeur de thèse, Dr Louis Bherer. Louis, tu es devenu avec le temps beaucoup plus qu'un directeur à mes yeux, mais bien un mentor qui m'a transmis le goût de la recherche et de l'excellence, en plus de devenir un véritable ami. Tu es un être d'exception !

Également, je remercie chaleureusement mes collègues du Laboratoire d'Étude de la Santé Cognitive des Aînés (LESCA) : mesdames Joëlle Lyrette, Mélanie Renaud, Maude Laguë-Beauvais, Émilie De Tournay Jetté, Sarah Fraser, Christine Gagnon, Véronique Labelle, Nathalie Castonguay, Laurence Desjardins-Crépeau, Lora Lehr, et Audrey Benoit, et messieurs Maxime Lussier, Nicolas Berryman, Saïd Mekary, Sébastien Grenier, Florian Bobeuf, David Predovan, et Jean-François Payette. Merci pour nos discussions, votre amitié, vos encouragements, et pour tout le plaisir que j'ai eu à vous côtoyer.

Durant parcours professionnel, j'ai rencontré diverses personnes merveilleuses et très significatives pour moi, notamment les professeurs « uqàmiens » passionnés que sont Dr Peter Scherzer et D^{re} Isabelle Rouleau. À n'en point douter, votre plaisir et votre bonheur à pratiquer la neuropsychologie est très inspirant et contagieux ! Peu importe le moment où vous allez prendre votre retraite (le plus tard possible on espère), votre chemise (virtuelle) est déjà accrochée au « Hall of Fame » de l'UQÀM !!!

À l'Institut universitaire de gériatrie de Montréal, je veux remercier des personnes formidables qui m'ont permis de grandir en tant que professionnel et être humain : mes amies et collègues neuropsychologues Anik Guimond, Francine Sophie Fontaine, Brigitte Gilbert, Adriana Enriquez-Rosas, et Béatriz Mejia-Constain ; les orthophonistes Suzanne Généreux, Micheline Hubert, Brigitte Damien, et Mathilde de Préaumont; l'audiologiste Sandra Debouze; et les gériatres Monique Saint-Martin, Francis Gossard, et Louise Fugère. L'IUGM ne me semble pas un lieu de travail avec vous, mais plutôt un endroit où on aide les gens avec cœur et professionnalisme, et où on se sent bien !

De même, je remercie grandement de proches collaborateurs à ma thèse doctorale : Thien Tuong Minh Vu, Kathleen Chassé, Marie-Jeanne Kergoat, Gilles Dupuis, ainsi que Fanny Alexandra-Guimond. Vous côtoyer durant ces années a été pour moi un honneur, un privilège et un grand plaisir. Je ne peux oublier les personnes merveilleuses qui ont contribué à faire de moi qui je suis aujourd'hui et qui m'accompagnent depuis toujours, mon père Gilles, ma mère Nicole, mes sœurs Myriam et Jacinthe. Vous êtes tous extraordinaires, magiques, formidables (etc.) et je vous aime de tout cœur !!!

Merci à mon beau-frère François Vézina et à toute ma ribambelle de neveux (Joël et Nicolas Fortin, et Simon Vézina) et nièces (Marilou Fortin et Anabelle Vézina). Je vous aime tout plein mes amours. Je remercie aussi ma 2^e mère Lucie Laguë et mon beau-père Yvon L'Abbé pour leur appui indéfectible tout au long de mon parcours doctoral. Merci aussi à mon beau-frère Alexandre et à ma belle-sœur Annie.

Je garde en toute fin de remerciement la femme de ma vie, mon inspiration, ma tendre moitié, celle que j'adore et avec qui je veux tout partager : ma belle Josianne. Un grand merci à l'Univers de m'avoir mis sur ta route !!!

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES.....	vii
LISTE DES TABLEAUX.....	viii
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	ix
LISTE DES ANNEXES.....	x
RÉSUMÉ	xi
CHAPITRE I	
INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
1.1. Vieillissement démographique.....	1
1.2. Fragilité	4
1.3. Entraînement physique et santé physique	10
1.4. Entraînement physique et cognition.....	13
1.5. Entraînement physique et santé psychologique	17
1.6. Entraînement physique et fragilité	20
1.7. Objectifs de la thèse	22
CHAPITRE II	
ARTICLE 1 The multiple dimensions of frailty: physical capacity, cognition and quality of life	25
2.1. Abstract	26
2.2. Introduction.....	27
2.3. Methods.....	29
2.4. Results.....	35
2.5. Discussion	41
2.6. Conclusion	44

2.7. References	45
-----------------------	----

CHAPITRE III

ARTICLE 2 The benefits of physical exercise training on cognition and quality of life in frail older adults	50
---	----

3.1. Abstract	51
---------------------	----

3.2. Introduction	52
-------------------------	----

3.3. Methods	53
--------------------	----

3.4. Results	62
--------------------	----

3.5. Interpretation	67
---------------------------	----

3.6. References	69
-----------------------	----

CHAPITRE IV

ARTICLE 3 Amélioration des performances cognitives et de la qualité de vie après un entraînement physique chez une patiente sévèrement fragile	74
--	----

4.1. Résumé	75
-------------------	----

4.2. Introduction	77
-------------------------	----

4.3. Méthode	80
--------------------	----

4.4. Résultats	84
----------------------	----

4.5. Discussion	88
-----------------------	----

4.6. Conclusion	90
-----------------------	----

4.7. Références	91
-----------------------	----

CHAPITRE V

ARTICLE 4 Can we expect any benefit from physical exercise training in severely frail geriatric patients?	97
---	----

5.1. Abstract	98
---------------------	----

5.2. Introduction	99
-------------------------	----

5.3. Methods	100
--------------------	-----

5.4. Results	104
--------------------	-----

5.5. Conclusions	108
------------------------	-----

5.6. References	109
-----------------------	-----

CHAPITRE VI

DISCUSSION GÉNÉRALE	113
6.1. Vieillissement et fragilité: apports de la thèse	113
6.2. Fragilité et entraînement physique: apports de la thèse	117
6.3. Perspectives futures.....	123
6.4. Conclusion	129
BIBLIOGRAPHIE (Introduction et Discussion générale)	131

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1	Cycle de la fragilité, tiré de Fried <i>et al.</i> (2001)	7
Figure 2.1	Standardized z scores illustrate the differences between frail and non-frail participants in tests measuring physical capacity, cognition, and quality of life	40
Figure 3.1	Study design	57
Figure 3.2	Illustrates the z score change of the training and control groups for all physical capacity measures	64
Figure 3.3	Illustrates the z score change of the training and control groups for all cognitive functions	65
Figure 3.4	Illustrates the z score change of the training and control groups for all quality of life components	66
Figure 4.1	Score z de changement de Mme OB et du groupe contrôle sur l'ensemble des mesures physiques.	85
Figure 4.2	Score z de changement de mme OB et du groupe contrôle sur l'ensemble des mesures cognitives.	86
Figure 4.3	Score z de changement de mme OB et du groupe contrôle sur l'ensemble des dimensions de la qualité de vie.	87

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1	Population âgée de 65 ans et plus au Canada : données historiques (1971-2010) et projections (2011-2061)	2
Tableau 1.2	Bénéfices de l'activité physique sur la santé selon un comité d'experts (US Department of Health and Human Services, 2008)	12
Table 2.1	Medical characteristics of frail and non-frail participants	31
Table 2.2	Comparison frail and non-frail participants on physical capacity, cognition, and quality of life	35
Table 3.1	Baseline characteristics of participants.	58
Tableau 4.1	Caractéristiques socio-démographiques de Mme OB et du groupe contrôle.	81
Table 5.1	Descriptive characteristics of the participants included in this study	100
Table 5.2	Typical exercise session of the fitness program held two times per week for 12-weeks.	102
Table 5.3	Performances in physical capacity tests at pre-test and post-training.	105
Table 5.4	Cognition results from pre to post-training.	107

LISTE DES ABRÉVIATIONS

TMT	Trail Making Test
RAVLT	Rey Auditory Verbal Learning Test
DSST	Digit Symbol Substitution Test
MCI	Mild Cognitive Impairment
TuG	Timed up and go Test
6-MWT	Six-Minute Walking Test
PPT	Physical Performance Test

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE A	Évaluation médicale gériatrique tenant compte des 70 déficits, tirés de Rockwood et collègues (2005)	154
ANNEXE B	Critères utilisés pour définir la fragilité (adapté de Fried et al., 2001).....	169
ANNEXE C	Figure qui illustre la différence de Scores z (Article 1) entre les aînés non fragiles, qui constituent la norme (Score $z = 0$), et les aînés fragiles, pour l'ensemble des mesures de Vitesse de traitement de l'information. * = $p < .05$ pour l'effet de fragilité	173
ANNEXE D	Figure qui illustre la différence de Score z (Article 1) entre les aînés non fragiles, qui constituent la norme (Score $z = 0$), et les aînés fragiles, pour l'ensemble des mesures de Fonctions exécutives. * = $p < .05$ pour l'effet de fragilité.....	175
ANNEXE E	Tableau qui illustre les corrélations (Article 1) entre l'ensemble des mesures physiques, cognitives, et de la qualité de vie, pour tous les participants à l'étude (fragiles et non fragiles). * = $p < .05$; ** = $p < .01$	177
ANNEXE F	Tableau (Article 2) montrant les impacts de l'entraînement physique (groupe contrôle vs. entraînement) chez les aînés fragiles et non fragiles, pour l'ensemble des mesures physiques, cognitives, et de la qualité de vie..	179
ANNEXE G	Figure qui illustre le score z de changement (Article 2) Pré-Post des groupes contrôle et entraînement, entre les aînés fragiles et non fragiles, pour chacune des mesures de la mémoire de travail. .	182
ANNEXE H	Figure qui illustre le score z de changement (Article 2) Pré-Post des groupes contrôle et entraînement, entre les aînés fragiles et non fragiles, pour chacune des mesures de la vitesse de traitement de l'information.....	184
ANNEXE I	Figure qui illustre le score z de changement (Article 2) Pré-Post des groupes contrôle et entraînement, entre les aînés fragiles et non fragiles, pour chacune des mesures des fonctions exécutives. * = $p < .05$ pour l'effet groupe	186

RÉSUMÉ

De plus en plus d'études suggèrent que l'entraînement physique peut améliorer les capacités physiques, le fonctionnement cognitif, et la qualité de vie d'ânés sédentaires vivant un vieillissement normal. Toutefois, aucune étude n'a évalué les impacts multidimensionnels d'une telle intervention chez les ânés fragiles. En gériatrie, l'état de fragilité est caractérisée par une diminution des réserves fonctionnelles et une moindre résistance face aux stressors, rendant les personnes âgées plus à risque de chutes, de maladies aiguës, d'hospitalisation prolongée, et de mortalité. La prévalence d'ânés fragiles augmente avec l'avancée en âge, affectant 7 % des ânés de 65 à 74 ans, 18 % des 75 à 84 ans, et finalement 37 % des ânés âgés de 85 ans et plus. La première étude de cette thèse vise à mieux comprendre le concept de fragilité dans sa globalité. Après une évaluation médicale exhaustive, 39 ânés fragiles ont été comparés à 44 ânés non fragiles sur diverses variables physiques, cognitives, et psychologiques, en contrôlant statistiquement la variance associée à un ensemble de variables sociodémographiques et médicales. Les résultats ont permis d'observer qu'en comparaison des ânés non fragiles, les ânés fragiles ont des atteintes globales sur le plan des capacités physiques [capacités fonctionnelles, endurance physique, vitesse de marche, et mobilité diminuées], ainsi que des atteintes spécifiques cognitives [atteintes de la vitesse de traitement de l'information et des fonctions exécutives], et psychologiques [perception d'une diminution des capacités physiques, des capacités cognitives, de la capacité d'entretien ménager, et de la santé physique, de même qu'une altération de la sphère affective].

Dans le deuxième article de cette thèse, nous avons voulu voir s'il était possible d'améliorer le fonctionnement physique, cognitif, et psychologique d'ânés fragiles par un programme d'entraînement physique adapté. Deux groupes expérimentaux étaient à l'étude: un groupe entraînement (n=36) bénéficiant de trois séances d'exercices physiques multimodaux par semaine durant 12 semaines, ainsi qu'un groupe contrôle sur une liste d'attente (n=36). Les participants fragiles (n=34) et non fragiles (n=38) étaient divisés aléatoirement dans chacune des conditions. Les résultats de cette étude montrent des impacts significatifs comparables entre les ânés fragiles et non fragiles du groupe entraînement en comparaison du groupe contrôle, autant sur les plans physique [endurance physique et mobilité], cognitif [mémoire de travail, vitesse de traitement de l'information, et fonctions exécutives], que

psychologique [qualité de vie globale, perception de la santé physique, des capacités physiques, des loisirs, et de la sphère sociale et familiale].

La fragilité étant conceptualisée sur un continuum, les aînés très sévèrement fragiles sont souvent laissés pour compte dans les différentes études évaluant les bienfaits de l'entraînement physique chez les aînés. Ainsi, le troisième article de cette thèse décrit les impacts multidimensionnels de l'entraînement physique chez une aînée sévèrement fragile, en comparaison de trois participants contrôles appariés selon le niveau de fragilité et les caractéristiques sociodémographiques. Des bénéfices notables de l'intervention ont été objectivés chez cette patiente sévèrement fragile sur le plan physique [capacités fonctionnelles], cognitif [raisonnement verbal et fonctions exécutives], et de sa qualité de vie [sphère affective et perception des capacités physiques].

Enfin, le quatrième et dernier article évalue les impacts physiques et cognitifs d'une intervention par l'entraînement physique chez des aînés sévèrement fragiles (n=14), tout juste avant qu'ils reçoivent leur congé d'un hôpital de jour gériatrique (IUGM). Les résultats de cette étude montrent que l'entraînement (deux séances de 90 minutes par semaine durant trois mois) a permis d'améliorer significativement les capacités physiques de ces patients, en plus d'apporter des bénéfices cognitifs potentiels.

Mots clés: Entraînement physique, vieillissement, fragilité, qualité de vie, cognition.

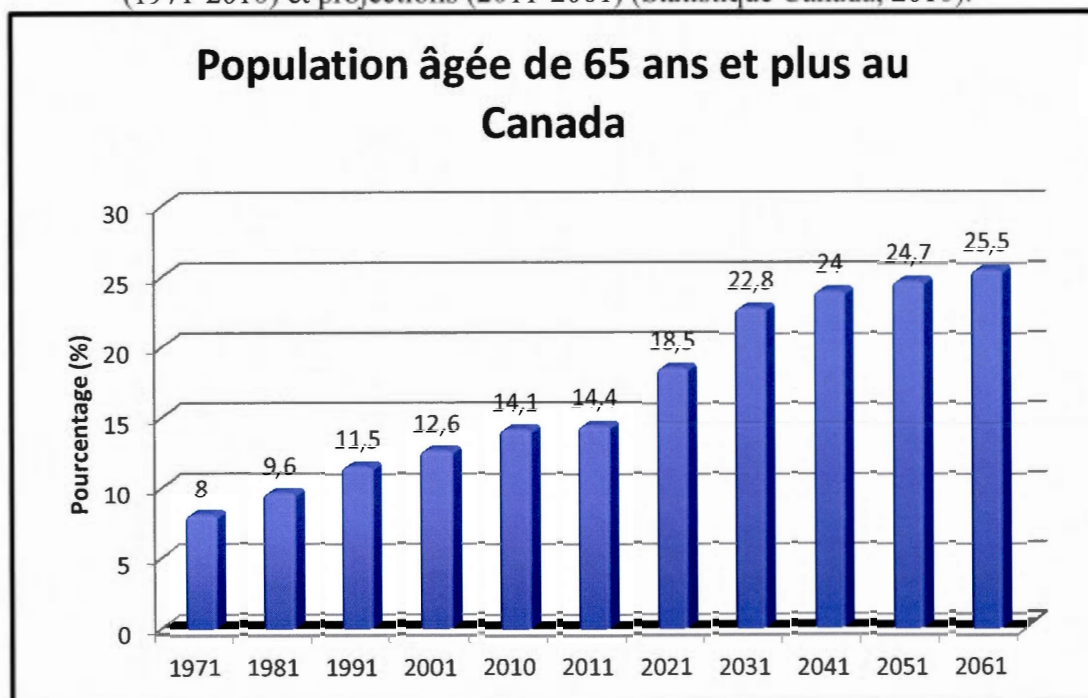
CHAPITRE I

INTRODUCTION GÉNÉRALE

1.1. Vieillissement démographique

Le vieillissement de la population est une réalité avec laquelle nous composons actuellement au Canada, et avec laquelle nous devrons aussi composer dans les années à venir. En effet, selon les données sociodémographiques cumulées par Statistique Canada, les personnes âgées de 65 ans et plus constituent le groupe dont la croissance est la plus rapide (Statistique Canada, 2010). Le tableau 1.1 montre une description détaillée des données historiques et des projections démographiques selon les tendances actuelles chez les personnes âgées de 65 ans et plus.

Tableau 1.1 - Population âgée de 65 ans et plus au Canada: données historiques (1971-2010) et projections (2011-2061) (Statistique Canada, 2010).



L'âge médian, qui sépare en deux moitiés égales l'âge de la population, ne cesse également d'augmenter. En 1971, cet âge médian était de 26,2 années, alors qu'en 2010 il se situait à 39,7 années. En 2010, on estimait à 4,8 millions le nombre de Canadiens âgés de 65 ans et plus, chiffre qui devrait doubler au cours des 25 prochaines années pour atteindre 10,4 millions d'aînés en 2036. Il est projeté qu'actuellement au Canada, plus d'une personne sur cinq (22,8%) aura 65 ans et plus d'ici 2031 (Statistique Canada, 2010). Au Québec, le pourcentage de la population âgée de 65 ans et plus était de 15,3% en 2010 et pourrait atteindre le quart de la population (25,1%) en 2031, selon les projections actuelles.

Au Québec, 6,4% de la population était âgée de 75 ans et plus en 2006, alors qu'il est projeté que ce pourcentage va augmenter à 9,1% en 2021, et qu'il atteindra 12,7% de la population en 2031 (Institut de la Statistique du Québec, 2009). Compte tenu de cet accroissement important, une personne sur six au Québec devrait être âgée de 75 ans et plus en 2041 (Institut de la Statistique du Québec, 2009).

Ces changements sociodémographiques, qui seraient attribuables notamment à une augmentation de l'espérance de vie et à l'amélioration des soins de santé, sont très importants, dans la mesure où l'avancée en âge constitue le facteur de risque étant le plus fortement associé au développement de troubles cognitifs ou médicaux de toutes sortes (e.g., Borson, 2010 ; Liddell *et al.*, 2007). En effet, plus une personne est âgée, plus elle est à risque de développer des incapacités physiques ou cognitives, qui se traduisent par une incapacité à accomplir seul une ou plusieurs activités de la vie quotidienne (par exemple se déplacer, travailler, gérer ses finances, etc.) (Fillenbaum et Smyer, 1981). Le risque de développer une « démence », qui se caractérise par une atteinte significative de la mémoire et/ou d'autres fonctions cognitives occasionnant des impacts fonctionnels dans la vie de tous jours (American Psychiatric Association, 2000), augmente avec l'avancée en âge. Ainsi, ces changements attribuables au vieillissement de l'individu, conjugués aux changements démographiques, sont susceptibles d'entraîner une augmentation des coûts de santé dans un avenir proche.

Néanmoins, il importe de mentionner l'hétérogénéité du vieillissement dans la population (Lemaire et Bherer, 2005). Alors que certaines personnes vieillissent en bonne santé physique, cognitive et psychologique, d'autres vivent diverses problématiques de toutes sortes. Il importe de mieux comprendre les différentes trajectoires du vieillissement (positives et négatives), afin d'être mieux préparé à répondre à la réalité actuelle du vieillissement de la population.

Parmi les différents facteurs qui peuvent influencer le vieillissement (Hertzog *et al.*, 2008), notons l'influence positive d'activités sociales et cognitivement stimulantes, d'une nutrition appropriée, de même que la pratique régulière d'activités physiques diversifiées, qui sera le sujet de cette thèse doctorale. Avant d'aborder les différentes études qui suggèrent des bénéfices de l'activité physique sur la santé physique, le fonctionnement cognitif et le bien-être psychologique, décrivons tout d'abord un syndrome gériatrique complexe associé à un vieillissement problématique, la fragilité.

1.2. Fragilité

La fragilité est un syndrome gériatrique complexe et hétérogène qui constitue une diminution de l'homéostasie et de la résistance face au stress, qui augmente la vulnérabilité et les risques d'effets néfastes chez une personne par une diminution de ses réserves fonctionnelles (Fried *et al.*, 2001). De fait, les personnes âgées fragiles sont plus à risque de chutes (Anders *et al.*, 2007), de maladies aiguës (Fried *et al.*,

2004), d'une hospitalisation prolongée (Landi *et al.*, 2004), d'une transition vers une résidence pour personnes âgées due à une diminution de l'autonomie (Heppenstall *et al.*, 2011), de dépression (Kuzuya *et al.*, 2006 ; Sewitch *et al.*, 2004), et de mortalité (Carey *et al.*, 2008; Fried *et al.*, 2001).

Plusieurs études récentes montrent que la fragilité est véritablement un concept à part entière qui ne peut pas se résumer à la perte d'autonomie, à l'accumulation de pathologies multiples ou au vieillissement normal (Bergman *et al.*, 2007; Fried *et al.*, 2001; Karunanathan S, 2009). La prévalence d'aînés fragiles augmenterait avec l'avancée en âge, affectant 7 % des aînés de 65 à 74 ans, 18 % des 75 à 84 ans, et 37 % des aînés âgés de 85 ans et plus (Rockwood *et al.*, 2004).

Selon l'avis de plusieurs chercheurs et cliniciens, la fragilité peut être détectée assez rapidement chez un individu suite à des observations cliniques multi-systémiques (Bergman *et al.*, 2007 ; Karunanathan S, 2009 ; Lang, Michel et Zekry, 2009). D'ailleurs, dans la littérature, le jugement clinique est l'une des méthodes utilisée afin de déterminer si un individu est fragile ou non, d'après l'évaluation de son état de santé (Rockwood *et al.*, 2005). Toutefois, la façon de mesurer la fragilité est loin de faire l'unanimité dans la littérature (e.g., Bergman *et al.*, 2007 ; Sternberg *et al.*, 2011). En effet, il existe actuellement dans la littérature diverses façons de mesurer et de conceptualiser la fragilité. Les deux mesures les plus utilisées sont les suivantes : une approche basée sur l'accumulation de symptômes ou de déficits (e.g., Rockwood et Mitnitski, 2007) et une autre basée sur l'évaluation de cinq critères

physiologiques spécifiques chez un individu (e.g., Fried *et al.*, 2001). Selon la perspective d'accumulation de déficits, la fragilité est à concevoir sur un continuum, où plus un individu a un nombre élevé de problématiques médicales (e.g., cardiovasculaires, musculo-squelettiques, pulmonaire, etc.), plus il est fragile et à risque de mortalité (voir l'ANNEXE A pour une description des 70 déficits associés à la fragilité, tirés de Rockwood et collègues (2005), juxtaposés à l'évaluation gériatrique de l'ensemble des systèmes).

Une autre façon de mesurer la fragilité repose sur l'évaluation de cinq critères physiologiques cliniques chez un individu: 1) une perte de poids involontaire au cours de la dernière année, 2) une vitesse de marche significativement ralentie, 3) une faible force de préhension, 4) une fatigue constante, et 5) des activités physiques réduites (voir l'ANNEXE B pour une description des critères de Fried et collègues et la façon de les opérationnaliser). L'individu est perçu comme étant non fragile s'il n'a aucun symptôme problématique sur cinq; il est pré-fragile s'il a un symptôme ou deux sur cinq; et il est fragile s'il a trois symptômes problématiques et plus sur cinq.

Selon Fried et collègues (2001), la fragilité fait partie d'un cycle où interagissent plusieurs facteurs (voir la Figure 1.1 pour une description des différentes variables impliquées dans ce cycle).

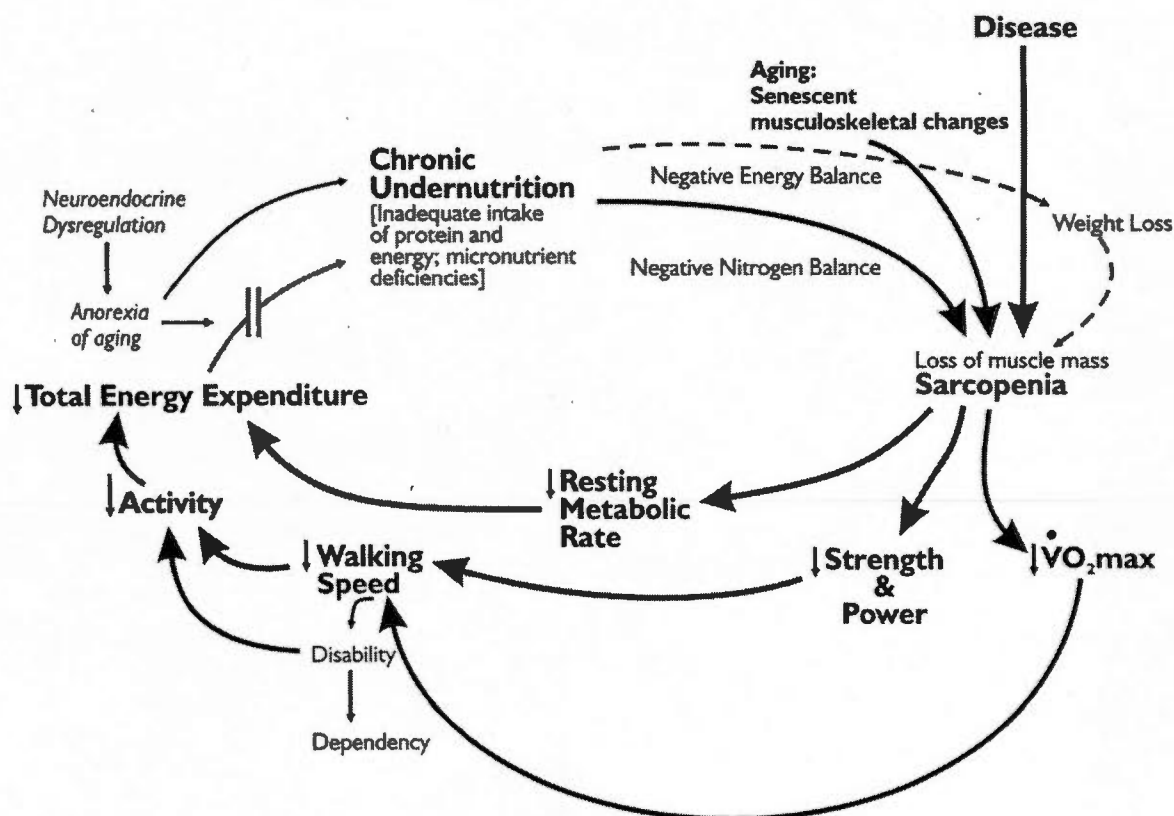


Figure 1.1 - Cycle de la fragilité, tiré de Fried, L.P. *et al.* (2001). J Gerontol A Biol Sci Med Sci 2001;56:M146-M157

Selon ce cycle, l'étiologie de la fragilité impliquerait l'interaction de différents facteurs (Walston *et al.*, 2006), tels que la malnutrition et une déficience en vitamine D (Chang *et al.*, 2010a), une augmentation des marqueurs de stress oxydatif (Serviddio *et al.*, 2009) et des réactions inflammatoires (e.g., Interleukin-6, protéine C réactive, et le facteur de nécrose tumorale) (Giovannini *et al.*, 2011), un dérèglement neuroendocrinien (Leng *et al.*, 2009), ainsi qu'un bas niveau d'activité physique.

La fragilité affecterait de multiples dimensions du fonctionnement humain, notamment la composante physique, le fonctionnement cognitif, et la santé

psychologique. Toutefois, les études dans le domaine ont principalement portées sur la dimension physique. Dans le premier article de cette thèse (chapitre 2), les impacts multidimensionnels (i.e., cognitif et psychologique) de la fragilité sont étudiés.

Rappelons que selon Rockwood et collègues, la fragilité est conceptualisée d'après un continuum, où plus un individu a des symptômes spécifiques, plus il est fragile. Fried et collaborateurs mesurent également la fragilité sur un continuum, sur une échelle distincte comprenant trois niveaux: non fragile, pré-fragile, et fragile. Si un individu a au moins trois critères problématiques sur cinq, il est caractérisé comme étant fragile. Une étude récente a montré que le fait de combiner les différents critères de Fried et collègues (2001) à ceux de Rockwood et collègues (2005), permettait de mieux prédire le risque de développer des problématiques médicales diverses et de mourir précocement (Cigolle *et al.*, 2011). Pour cette raison, les critères de Fried seront combinés à ceux de Rockwood tout au long de cette thèse, afin de mieux évaluer les impacts multidimensionnels de la fragilité, de même que les effets de l'entraînement physique chez cette population.

Malgré les différences dans la façon d'objectiver la fragilité, l'ensemble des chercheurs qui travaillent à mieux comprendre cette problématique s'entendent sur le fait qu'il importe de trouver des méthodes d'intervention appropriées. Les conséquences de la fragilité peuvent être majeures à différents niveaux, notamment sur les plans économiques et sociaux (Guralnik *et al.*, 2002). La fragilité est une problématique qui est susceptible de prendre de l'ampleur en raison du vieillissement

de la population. Ainsi, il importe de trouver des façons de contrecarrer la fragilité. La pertinence d'identifier adéquatement la fragilité, selon Lebel et collègues (1998), réside dans le caractère potentiellement réversible de cette problématique. Si on peut intervenir et améliorer une ou plusieurs composantes problématiques présentes dans le cycle de la fragilité (e.g., sédentarité ou malnutrition), l'état de fragilité chez un individu pourrait s'améliorer, ce qui le rendrait moins à risque de vivre des conséquences néfastes associées à cet état de vulnérabilité.

Ces dernières années, plusieurs chercheurs ont tenté d'identifier des méthodes d'intervention pour contrer la fragilité, selon leur champ d'expertise propre. Ainsi, étant donnée la nature multidimensionnelle de la fragilité (i.e., qui touchent différentes sphères du fonctionnement humain), des interventions de type pharmacologique (Golden *et al.*, 2003), nutritionnel (Payette *et al.*, 2002), et une combinaison de différentes méthodes (de Jong *et al.*, 2000 ; Rydwick, Frandin et Akner, 2011) ont été évaluées et se sont avérées efficaces pour améliorer le fonctionnement d'aînés fragiles sur des mesures spécifiques. Parmi toutes ces méthodes développées, l'entraînement physique est de plus en plus étudié chez les aînés fragiles, étant donné les bénéfices multidimensionnels associés à ce type d'intervention. Dans les sections qui suivent, les impacts de l'entraînement physique sur les plans physique, cognitif, et psychologique seront abordés. Par la suite, différentes études ayant évalué les impacts de l'entraînement physique chez les aînés fragiles seront décrits.

1.3. Entraînement physique et santé physique

Avant d'aborder les différents bienfaits de l'entraînement physique sur la santé physique, il importe de distinguer les termes d'« activité physique » et d'« entraînement physique », tel que le stipule Caspersen, Powell, et Christenson (1985). Ces chercheurs définissent l'activité physique comme étant tout type d'activité qui implique des mouvements du corps, et plus particulièrement les muscles squelettiques. L'activité physique réfère de façon plus générale à ce qui est fait comme activité demandant une dépense d'énergie durant une journée. Ce terme est davantage utilisé dans les études transversales ou longitudinales qui distinguent ou suivent des personnes faisant peu ou beaucoup d'activités physiques quotidiennes. L'entraînement physique pour sa part réfère davantage à une sous-catégorie d'activités physiques qui est planifiée, structurée, répétitive, et qui vise l'amélioration ou le maintien d'une ou de plusieurs composantes de la condition physique. Le terme d'entraînement physique est davantage utilisé dans les études d'intervention, dans lesquelles on cherche à améliorer un aspect spécifique de la condition physique (e.g., la santé cardiorespiratoire) afin d'induire des effets bénéfiques spécifiques (e.g., amélioration du fonctionnement cognitif).

Au cours des dernières années, plusieurs études ont rapporté des effets bénéfiques de l'entraînement physique sur la santé physique. Notamment, une étude réalisée dans le Laboratoire d'Étude de la Santé Cognitive des Aînés (LESCA), a montré qu'un entraînement physique d'une période de 12 semaines, à raison de trois

séances d'exercices aérobie de 60 minutes par semaine, pouvait améliorer la santé cardiorespiratoire des personnes âgées sédentaires (Renaud *et al.*, 2010).

Diverses études montrent également que la pratique régulière d'activités physiques peut avoir un impact bénéfique, notamment sur le contrôle du poids (e.g., Catenacci *et al.*, 2011 ; McCarthy et Kuo, 2009 ; Okay *et al.*, 2009), la santé cardiovasculaire (e.g., McCarthy et Kuo, 2009 ; Tinker *et al.*, 2008 ; Warburton, Nicol et Bredin, 2006), le cancer (e.g., Fogelholm et Vainio, 2002 ; Lagerros, Hsieh et Hsieh, 2004), la structure osseuse (e.g., Daly *et al.*, 2008 ; Ringsberg *et al.*, 2001) et musculaire (e.g., Goodpaster *et al.*, 2008 ; Karlsson, Nordqvist et Karlsson, 2008 ; Takahashi *et al.*, 2008).

De nombreuses études suggèrent que la pratique d'activités physiques peut apporter des bénéfices significatifs sur la santé, autant chez les jeunes (e.g., Janssen et Leblanc, 2010, pour une revue de la littérature), que les jeunes adultes (e.g., Takahashi *et al.*, 2008) et les aînés (e.g., Taylor *et al.*, 2004 ; Warburton, Nicol et Bredin, 2006, pour une revue de la littérature).

Récemment, un comité composé de 13 experts dans le domaine de la science de l'exercice et de la santé publique a évalué la littérature actuelle portant sur les bénéfices de l'activité physique sur la santé physique (US Department of Health and Human Services, 2008). La valeur des preuves scientifiques a été évaluée par ce comité comme étant forte, moyenne, ou faible selon les études disponibles à l'heure

actuelle (voir le tableau 1.2 pour un descriptif détaillé de l'ensemble des bénéfices de l'activité physique sur la santé physique, selon ce comité d'expert). Pour ce faire, le comité a considéré le type, le nombre, la qualité, et la concordance des études disponibles.

Tableau 1.2 - Bénéfices de l'activité physique sur la santé selon un comité d'experts (US Department of Health and Human Services, 2008).

Valeur des preuves scientifiques de l'ensemble des études évaluées par le comité d'expert	Bénéfices de l'activité physique
Forte	<ul style="list-style-type: none"> - Permet de diminuer les risques... - de mortalité - de chute - de développer des troubles cardiovasculaires - d'avoir des accidents cérébrovasculaires - de souffrir de haute pression - d'avoir un diabète de type 2 - de développer un cancer du colon - de développer un cancer du sein - Permet de prévenir la prise de poids et faciliter la perte de poids - Permet d'améliorer la santé cardiovasculaire et musculaire
Modérée à forte	- permet d'améliorer les capacités fonctionnelles des

	aînés - permet de diminuer l'obésité abdominale
Modérée	- Permet de diminuer les risques... - d'avoir une fracture de la hanche - de développer un cancer du poumon - Permet d'augmenter la densité osseuse - Permet d'améliorer la qualité du sommeil

Dans la section qui suit, nous verrons comment ces bénéfices physiques induits par l'entraînement physique peuvent aussi avoir des répercussions sur le fonctionnement cognitif.

1.4. Entraînement physique et cognition

Depuis plusieurs années, différents types d'études (transversales, longitudinales, interventions) se sont intéressées à évaluer les impacts bénéfiques de l'activité physique et de l'entraînement physique sur le fonctionnement cognitif des adultes et des personnes âgées. L'engouement entourant la recherche dans ce domaine vient tout d'abord d'études transversales, qui ont montré que des aînés physiquement actifs, comparativement à des aînés inactifs, avaient de meilleures performances cognitives, notamment dans des tâches d'attention sélective visuelle (Roth *et al.*, 2003), de flexibilité attentionnelle (van Boxtel *et al.*, 1997), et d'attention divisée (Labelle *et al.*, 2009).

Les bienfaits de l'activité physique ont également été appuyés par des études longitudinales qui ont montré que le fait d'être actif physiquement pouvait diminuer le risque de déclin cognitif d'environ 30% sur une période de 6 à 8 ans (Yaffe *et al.*, 2001). Également, plus les aînés ont une bonne santé cardiorespiratoire (mesuré par le VO₂ max), plus ils ont de chances de montrer de bonnes performances cognitives après une période de 6 ans (suivi longitudinal) à différents tests neuropsychologiques évaluant le fonctionnement cognitif global et les fonctions exécutives (Mini Mental State Examination, Traçage de Piste B, Stroop Interférence, Substitutions du WAIS III) (Barnes *et al.*, 2003). De plus, Larson et collaborateurs (2006) ont montré que, sur une période de 6 ans, plus les aînés sont actifs physiquement et plus le risque de présenter des signes de démence comme ceux associés à la maladie d'Alzheimer est diminué. Dans cette étude longitudinale, notons que les aînés étaient tous sains cognitivement au début du suivi.

Les études d'intervention, dans lesquelles des aînés inactifs participent à des programmes d'entraînement physique, tendent également à démontrer que l'activité physique, notamment de type aérobie, peut avoir un effet positif sur la cognition des aînés. Par exemple, Renaud, Maquestiaux, Joncas, Kergoat, et Bherer (2010) ont observé qu'un entraînement physique sur une période de seulement trois mois peut améliorer le contrôle attentionnel d'aînés sédentaires. Une méta-analyse de Colcombe et Kramer (2003) a aussi montré que l'entraînement physique peut avoir des effets bénéfiques sur plusieurs fonctions cognitives, mais que les bénéfices les plus importants sont observés au niveau de la vitesse de traitement de l'information, du

traitement visuo-spatial, et des fonctions exécutives (telles que la coordination, l'inhibition, et la planification), soit des fonctions qui sont habituellement touchées précocement chez les personnes âgées (Clark *et al.*, 2012 ; Hull *et al.*, 2008 ; Zelazo, Craik et Booth, 2004). De plus, d'après les résultats de cette méta-analyse de Colcombe et Kramer (2003), le type d'entraînement le plus efficace pour améliorer la cognition serait un entraînement multimodal (i.e., regroupant des exercices de type aérobie, musculaire, et de flexibilité).

Plusieurs études ayant utilisé différentes techniques d'imagerie cérébrale ont montré des bénéfices significatifs de l'activité physique sur le fonctionnement cérébral (Erickson et Kramer, 2009 ; Erickson *et al.*, 2011; Hillman, Erickson et Kramer, 2008 ; Kramer, Erickson et Colcombe, 2006 ; Voelcker-Rehage, Godde et Staudinger, 2010). Notamment, l'étude de Colcombe et collègues a montré qu'une bonne santé cardiorespiratoire ($VO_2 \text{ max}$) était associée à une meilleure préservation avec l'avancée en âge de la matière grise et de la matière blanche dans les régions frontales, préfrontales, et temporales (Colcombe *et al.*, 2003). Également, une étude ayant utilisé l'imagerie par résonance magnétique a montré qu'une bonne santé cardiorespiratoire était associée à des régions hippocampiques cérébrales plus volumineuses, en plus d'être corrélée à de meilleures performances dans des épreuves de mémoire spatiale (Erickson *et al.*, 2009).

Selon Spirduso, Francis, et MacRae (2005), deux types d'impacts permettraient d'expliquer les bienfaits de l'activité physique sur la cognition. Il y

aurait tout d'abord l'action d'effets directs induits par l'activité physique sur le fonctionnement cérébral (e.g., angiogénèse, amélioration du transport d'oxygène dans le sang, etc.), engendrant de meilleures performances cognitives. Ensuite, il y aurait les effets indirects de l'activité physique, qui en intervenant sur des facteurs tels que le stress, le sommeil ou la santé métabolique, pourraient entraîner des bénéfices cognitifs. Ces deux types d'effets sont appuyés par de plus en plus d'études à l'heure actuelle, suggérant qu'il n'y aurait pas qu'un seul mais plutôt de multiples facteurs qui seraient explicatifs des bienfaits cognitifs observés dans la littérature scientifique.

Notamment, différentes études montrent que l'activité physique peut induire de l'angiogénèse, qui constitue le processus physiologique par lequel de nouveaux vaisseaux sanguins sont créés (Black *et al.*, 1990 ; Isaacs *et al.*, 1992). Des études récentes ont également montré que l'activité physique est associée à la neurogénèse (van Praag *et al.*, 2005) et la synaptogénèse, (Eadie, Redila et Christie, 2005 ; Hu *et al.*, 2009). L'implication de différents facteurs de croissance neuronaux spécifiques, tels que le « brain derived neurotrophic factor » (BDNF) et l'« insulin like growth factor- 1 » (IGF-1), sont étudiés à l'heure actuelle dans la littérature reliant l'activité physique à la cognition. En fait, il semble que ces facteurs de croissance seraient associés à l'angiogénèse, à la neurogénèse, et à la synaptogénèse observés suite à l'activité physique. Notamment, une étude récente chez des aînés en bonne santé physique montre que plus la concentration d'IGF-1 est élevée, plus la performance à des tests cognitifs mesurant l'attention sélective et les fonctions exécutives est

supérieure (Bellar *et al.*, 2011). Il est à noter que cette corrélation entre l'IGF-1 et les performances cognitives demeurerait significative même après le contrôle de diverses variables potentiellement confondantes, telles que l'âge, le sexe, et la scolarité.

Selon Spirduso et collègues (2005, 2008), les bénéfices indirects de l'activité physique sur le fonctionnement cognitif seraient attribuables aux impacts sur des médiateurs potentiels, tels que l'état de santé physique (abordé précédemment), ou les ressources psychologiques. Dans la section suivante, nous aborderons les bienfaits potentiels de l'activité physique sur la santé psychologique des individus.

1.5. Entraînement physique et santé psychologique

Avec l'avancée en âge, les aînés forment un groupe particulièrement à risque de vivre diverses problématiques de santé mentale, telles que la dépression et l'anxiété, pouvant affecter la qualité de vie des individus (Beard, Weisberg et Keller, 2010 ; Lima et Fleck, 2011 ; Meeks *et al.*, 2011 ; Michalak *et al.*, 2004 ; Spitzer *et al.*, 1995 ; Stein et Barrett-Connor, 2002). Ces problématiques psychologiques peuvent être associées notamment à la maladie chronique (Gallegos-Carrillo *et al.*, 2009 ; Zauszniewski *et al.*, 2004), à des troubles cognitifs (Millan-Calenti *et al.*, 2010), ou à l'isolement (Ayalon et Shiovitz-Ezra, 2011 ; Golden *et al.*, 2009). Tout particulièrement, la dépression affecterait environ 15% des personnes âgées de 65 ans et plus, et approximativement 27% des aînés vivant dans des résidences pour personnes en diminution d'autonomie (McDougall *et al.*, 2007).

De plus en plus d'études suggèrent actuellement que l'entraînement physique est susceptible d'améliorer l'humeur et le bien-être psychologique des individus et ce, à tout âge (Penedo et Dahn, 2005). En effet, de récentes études ont montré que l'entraînement physique peut entraîner des bénéfices sur la santé psychologique des enfants (e.g., Tremblay, Inman et Willms, 2000), des jeunes adultes (e.g., Bize, Johnson et Plotnikoff, 2007), et des aînés (e.g., Conn, 2010b ; Fox, 1999 ; Paluska et Schwenk, 2000 ; Pasco *et al.*, 2011 ; Penedo et Dahn, 2005).

Une revue récente de la littérature indique qu'un haut niveau d'activités physiques est associé à une meilleure qualité de vie chez les adultes jeunes et âgés (Klavestrand et Vingard, 2009). Selon cette recension des écrits, l'entraînement physique influencerait plus positivement certaines dimensions de la qualité de vie, telles que la perception de la santé physique et la vitalité. En fait, la qualité de vie, qui constitue une mesure centrale du bien-être psychologique d'un individu, est multidimensionnelle (Duquette, Dupuis et Perrault, 1994). Elle est constituée d'éléments objectifs et subjectifs de la vie et du vécu intérieur d'un individu. Elle est définie par l'Organisation Mondiale de la Santé (1996) comme étant « la perception qu'un individu a de sa place dans sa vie, dans le contexte de sa culture et de son système de valeurs, en relation avec ses objectifs, ses attentes, ses normes et ses inquiétudes » (1996).

Tel que mentionné dans la section portant sur les bénéfices physiques de l'entraînement physique, ce type d'intervention peut permettre d'améliorer des

capacités physiques associées à l'autonomie chez les aînés (i.e., flexibilité, masse musculaire, densité des os, capacité cardiorespiratoire), et ainsi influencer positivement la qualité de vie des individus (Caspersen, Kriska et Dearwater, 1994 ; Laoutaris *et al.*, 2011). Ainsi, Schulz et collègues (2004) ont montré qu'en plus des effets bénéfiques au niveau physique, l'entraînement physique peut aussi avoir des effets favorables au niveau de la qualité de vie chez les personnes souffrant de sclérose en plaques. Willenheimer et collègues (2001) ont aussi montré un effet favorable de l'entraînement aérobic sur l'amélioration de la qualité de vie et des capacités physiques chez des personnes ayant des troubles cardiaques (Willenheimer *et al.*, 2001). Également, l'entraînement physique peut avoir un impact positif sur la perception et l'estime de soi des aînés (Opdenacker, Delecluse et Boen, 2009). Par ailleurs, notons que l'amélioration de ces composantes psychologiques serait susceptible d'influencer positivement le fonctionnement cognitif des individus (Spirduso, Poon et Chodzo-Zajko, 2008)

Il appert que la plupart des études publiées à ce jour ont évalué les impacts de l'entraînement physique chez des aînés relativement en forme, bien que parfois sédentaires. Ainsi, il importe d'évaluer si les bienfaits de l'entraînement physique peuvent se généraliser aux aînés fragiles, dont la diminution des capacités physiques pourrait limiter les bénéfices observés.

1.6. Entraînement physique et fragilité

En raison du caractère multidimensionnel de la fragilité, l'entraînement physique en tant que méthode d'intervention est de plus en plus étudié ces dernières années. En effet, de récentes études suggèrent que l'entraînement physique peut améliorer les capacités physiques des aînés fragiles, notamment la force musculaire (Binder *et al.*, 2005 ; Matsuda, Shumway-Cook et Ciol, 2010), la flexibilité (Toulotte *et al.*, 2003), l'équilibre (Faber *et al.*, 2006), et la santé cardiorespiratoire (Villareal *et al.*, 2010). Il semble que différents types d'intervention physique soient efficaces pour améliorer les capacités physiques des aînés fragiles, mais que ce soit l'entraînement de type multimodal combinant des exercices de type musculaire, aérobie, et de flexibilité qui soit le plus efficace chez cette population (Chin *et al.*, 2008).

De plus en plus d'études suggèrent également que les bienfaits de l'entraînement physique peuvent se généraliser à la santé psychologique des aînés fragiles. Notamment, Vestergaard, Kronborg, et Puggaard (2008), ont montré qu'un entraînement de cinq mois, à raison de trois séances de 30 minutes par semaine, a permis d'améliorer la qualité de vie liée à la santé (i.e., perception de la mobilité, autonomie, douleur, anxiété/dépression) chez des aînés fragiles. La qualité de vie liée à la santé s'est aussi améliorée chez un groupe de participants fragiles suite à un entraînement physique, principalement dans la sphère émotionnelle (Schechtman & Ory, 2001).

Bien que ces études explorant les bienfaits de l'entraînement physique sur la qualité de vie reliée à la santé soient extrêmement intéressantes et pertinentes, une limite méthodologique subsiste : le SF-36 (Brazier *et al.*, 1992), qui est fréquemment utilisé dans ces études, ne permet de mesurer qu'un nombre limité de paramètres (i.e., des aspects reliés uniquement à la santé, tels que la douleur chronique, l'autonomie, etc.), en négligeant plusieurs dimensions (e.g., relation maritale, spiritualité, cognition, etc.). Ainsi, les études publiées à ce jour ne permettent pas de généraliser les bienfaits de l'entraînement physique à d'autres dimensions que celle reliée à la santé. Cet aspect sera abordé dans l'article 2 (chapitre 3) de cette thèse.

Même si la relation entre la fragilité et la cognition est très peu explorée à l'heure actuelle, certaines études suggèrent que les aînés fragiles sont plus à risque de troubles cognitifs (e.g., Avila-Funes *et al.*, 2009 ; Fried *et al.*, 2001 ; Rochat *et al.*, 2010). L'étude de Buchman et collègues (2007) a également montré que la fragilité pouvait être un important prédicteur de la maladie d'Alzheimer. Ces chercheurs ont identifié que plus le niveau de fragilité est important ou qu'il s'accroît au fil des années, plus les risques de développer la maladie d'Alzheimer sont augmentés. Néanmoins, la nature des troubles cognitifs des aînés fragiles demeure sous-étudiée à l'heure actuelle, de même que l'interaction entre les différents problèmes psychologiques, cognitifs, et physiques chez ces aînés. Ces aspects seront étudiés dans le chapitre 2 de cette thèse (article 1). Également, aucune étude à ce jour n'a

évalué si l'entraînement physique était susceptible d'améliorer le fonctionnement cognitif de ces aînés fragiles. Cet aspect sera abordé dans le chapitre 3 (article 2).

La fragilité pouvant être conceptualisée sur un continuum, très peu d'études à l'heure actuelle se sont intéressées aux aînés qui sont plus sévèrement fragiles, et qui se trouvent à la limite du continuum. De plus, les études publiées à ce jour rapportent des résultats ambigus quant aux impacts de l'entraînement physique chez ces aînés. En fait, certaines études montrent des bénéfices physiques de l'entraînement physique chez cette population (e.g., Barnett, Smith, Lord, Williams, & Baumann, 2003; Rubenstein *et al.*, 2000), alors que d'autres n'observent pas de tels effets (e.g., Gill *et al.*, 2002). Enfin, aucune étude n'a évalué les impacts cognitifs et psychologiques de l'entraînement physique chez ces aînés sévèrement fragiles. La troisième étude de cette thèse fera l'histoire d'un cas clinique (avec groupe contrôle apparié) des impacts multidimensionnels d'un programme d'entraînement physique chez une aînée sévèrement fragile (chapitre 4). Le chapitre 5 (article 4) évaluera les bienfaits physiques et cognitifs de l'entraînement physique chez des aînés sévèrement fragiles terminant leur programme d'hospitalisation régulier à l'Hôpital de Jour de l'Institut universitaire de gériatrie de Montréal.

1.7. Objectifs de la thèse

Dans le premier article de cette thèse (chapitre 2), l'objectif principal recherché est le suivant : décrire les impacts multidimensionnels de la fragilité en

comparant des aînés fragiles à des aînés non fragiles, sur les plans physique, cognitif, et psychologique. Le deuxième objectif est de vérifier si les différences de fonctionnement entre les aînés fragiles ou non demeurent malgré un contrôle statistique pour l'ensemble des variables démographiques (i.e., âge, scolarité, etc.) et médicales (i.e., fonctionnement cardiovasculaire, musculo-squelettique, etc.). Ce deuxième objectif sera exploré afin de vérifier si les impacts multidimensionnels de la fragilité ne sont pas explicables que par ces variables sociodémographiques et médicales.

Dans le deuxième article de cette thèse (chapitre 3), l'objectif principal est de mesurer les impacts d'un entraînement sur les capacités physiques, la cognition, et la qualité de vie des aînés fragiles et non fragiles, en comparaison d'un groupe contrôle comparable sur une liste d'attente. L'entraînement physique est de type multimodal (i.e., exercices de type aérobie, musculaire, et de flexibilité). Il est d'une durée de trois mois, à raison de trois séances de 60 minutes par semaine.

L'objectif du troisième article (chapitre 4) est d'évaluer les impacts multidimensionnels d'un entraînement physique d'une durée de trois mois (trois séances de 60 minutes par semaine) chez une aînée sévèrement fragile, en comparaison de trois participants contrôles (sans intervention) appariés selon l'âge, l'état cognitif, et l'état de sévérité de la fragilité.

L'objectif du quatrième article est de voir si les bénéfices observés chez les aînés fragiles peuvent aussi se transposer à un groupe d'aînés sévèrement fragiles en raison d'atteintes physiques et cognitives significatives, qui terminent leur hospitalisation dans un Hôpital de Jour gériatrique (IUGM). Le programme d'entraînement physique est adapté aux participants par des physiothérapeutes de l'hôpital. Il a lieu deux fois par semaine durant trois mois, à raison de 90 minutes par séance.

CHAPITRE II

ARTICLE 1 - THE MULTIPLE DIMENSIONS OF FRAILTY: PHYSICAL CAPACITY, COGNITION, AND QUALITY OF LIFE

Published in the journal of *International Psychogeriatrics*.

Francis Langlois^{1,2}, Thien Tuong Minh Vu², Marie-Jeanne Kergoat², Kathleen Chassé², Gilles Dupuis^{1,3} & Louis Bherer^{1,2}

¹ *Université du Québec à Montréal (UQAM)*

² *Institut universitaire de gériatrie de Montréal (IUGM)*

³ *Institut de Cardiologie de Montréal*

2.1. Abstract

Background: Frailty is a complex health state of increased vulnerability associated with adverse outcomes such as disability, falls, hospitalization, and death. Along with physical capacity, cognition and quality of life may be affected in frail older adults. Yet evidence is still lacking. The aim of this study was to compare frail and non-frail older adults on physical, cognitive, and psychological dimensions.

Methods: Thirty-nine frail and 44 non-frail elders were compared on several measures of physical capacity, cognition, and quality of life. Frailty status was based on a geriatric examination, Fried and colleagues' criteria (2001), and scores on the Modified Physical Performance Test.

Results: After controlling for demographic and medical characteristics, physical capacity measures were significantly lower in frail participants: functional capacities, physical endurance, gait speed, and mobility. Frail participants showed reduced performances in specific cognitive measures of executive functions and processing speed. On the quality of life dimension, frail elders reported poor self-perceptions of physical capacity, cognition, affectivity, housekeeping efficacy, and physical health.

Conclusion: In addition to reduced physical capacity, frailty might affect selective components of cognition and quality of life. These dimensions should be investigated in intervention programs designed for frail older adults.

Keywords: *Frailty, Neuropsychology, Psychological well-being, Physical Fitness*

2.2. Introduction

Frailty is a complex health state of increased vulnerability to stressors due to impairments in multiple systems. It has been associated with adverse outcomes such as disability, falls, hospitalization, and death (Fried *et al.*, 2001). The prevalence of frailty increases with ageing, affecting nearly 40% of those aged 85 years and older (Rockwood *et al.*, 2004). Recent studies suggest that the aetiology of frailty involves the interaction of several factors, such as malnutrition and vitamin D deficit (Chang *et al.*, 2010), increased markers of oxidative stress (Serviddio *et al.*, 2009), and neuroendocrine dysregulation (Leng *et al.*, 2009). Frailty constitutes a heterogeneous clinical syndrome that can include several different medical conditions, including cardiovascular diseases, musculoskeletal disorders (arthritis, osteoporosis, fractures), gastrointestinal diseases (intestinal difficulties, pyrosis or reflux), and cognitive impairment (Rockwood *et al.*, 2005). Physical inactivity is a major risk factor for frailty (Fried *et al.*, 2001). Although frailty may be related to disability, multiple chronic conditions, and ageing, most studies now suggest that it is a distinct medical entity (Bergman *et al.*, 2007 ; Fried *et al.*, 2004).

Frailty manifests itself by physical capacity impairments, such as muscular weakness and slow walking speed, along with other physiological markers (e.g., fatigability, remaining sedentary, and unintentional weight lost) (Ferrucci, 2005 ; Fried *et al.*, 2004 ; Fried *et al.*, 2001). In the literature, frailty has also been associated with a decrease in other physical capacity, such as reduced balance, speed,

endurance, dexterity, and muscle density (Brown *et al.*, 2000 ; Cesari *et al.*, 2006). Whereas physical impairment is the main hallmark of frailty, evidence suggests that other dimensions such as cognitive status and psychological well-being might also be taken into account to fully understand the frailty syndrome.

The cognitive dimension of frailty remains largely understudied, although recent reports suggest that cognitive deficits could be important features of this complex health state (Bergman *et al.*, 2007 ; Walston *et al.*, 2006). Few studies have assessed cognitive status in frail older adults and those that have done so have used global clinical measures, such as the Mini-Mental State Examination (MMSE). These studies report reduced cognitive performance in frail older adults (Fried *et al.*, 2001 ; Matusik *et al.*, 2011 ; Rochat *et al.*, 2010) and some showed that the frailty status can be a strong predictor of gross cognitive decline (Samper-Ternent *et al.*, 2008). However, the MMSE has been developed to detect dementia and major cognitive decline and therefore, the cognitive profile associated with frailty remains poorly documented. The present study aimed at better understand the relationship between frailty and more specific cognitive functions that are often impaired in aging, such as memory, executive functions, and processing speed.

It has recently been reported that frailty can alter psychological well-being. In fact, frail older adults report more depressive symptoms than non-frail older individuals (Rochat *et al.*, 2010). Moreover, a recent study that measured functional health and well-being using the SF-36 questionnaire found that frailty is significantly

associated with lower scores on health-related quality of life (Masel *et al.*, 2009). The SF-36 is considered a reliable measure of health-related aspects of quality of life, but it neglects many other domains (Hays, Hahn et Marshall, 2002), such as marital satisfaction, affectivity, housekeeping efficacy, and perception of physical capacity. In the present study, the impact of frailty on quality of life was assessed on a larger spectrum of quality of life domains.

In sum, while physical impairments are the main feature of frailty, not all studies have used detailed assessment of physical capacity, and the cognitive and psychological dimensions of frailty remain under-investigated. The main goal of the present study was to compare the performance of frail and non-frail older adults on a variety of cognitive and quality of life measures.

2.3. Methods

Participants

Eighty-three community-dwelling older adults aged between 61 and 89 years participated in this study. They were recruited via advertisements placed in newspapers and posted at locations near the research centre where the experiment took place (e.g., pharmacy, bank, hospital). All participants signed a consent form approved by the ethical committee of the research centre.

Participants were categorized as frail if they met two of the three following diagnostic criteria: 1) three of the five symptoms of frailty defined by Fried and

colleagues (2001) (muscular weakness, slow walking speed, fatigability, remaining sedentary, and unintentional weight lost), 2) a score of 28 or less out of 36 on the Modified Physical Performance Test (Brown *et al.*, 2000), and 3) identified as frail by the geriatrician's evaluation using the frailty index (Rockwood *et al.*, 2005). Based on these criteria, 39 participants were categorized as frail and 44 as non-frail.

Table 2.1 presents the demographics and medical characteristics of participants. Basic activities of daily living (ADLs) and instrumental activities of daily living (IADLs) were assessed with the Older American Resources and Services (OARS) instrument (Fillenbaum et Smyer, 1981). Other medical symptoms were measured by a geriatrician, using a homemade medical questionnaire. Significant differences were found between frail and non-frail individuals on age, $F(1,81)=9.84$, $p=.002$; activities of daily living (ADL) and instrumental activities of daily living (IADL), $\chi^2(1, N=83)=13.02$, $p<.001$; cardiovascular diseases, $F(1, 81)=11.62$, $p=.001$; musculoskeletal disorders, $F(1, 81)=9.75$, $p=.002$; gastrointestinal diseases $F(1, 81)=4.02$, $p=.048$; mobility aids, $\chi^2(1, N=83)=4.97$, $p=.026$; and daily medication, $F(1, 81)=12.71$, $p=.001$.

Table 2.1 - Medical characteristics of frail and non-frail participants.

Participants' characteristics	Non-frail (n=44)	Frail (n=39)	<i>p-value</i>
Age, mean (SD)	70.25 (5.57)	74.26 (6.06)	.002**
Female, n (%)	36 (81.8)	29 (74.4)	.411
Education, mean (SD)	14.34 (2.98)	13.05 (4.82)	.142
Cardiovascular diseases, total mean (SD)	0.89 (1.06)	1.74 (1.23)	.001***
Arterial hypertension, n (%)	17 (38.63)	25 (64.10)	.021*
Diabetes mellitus, n (%)	3 (6.8)	6 (15.4)	.210
Dyslipidemia, n (%)	14 (31.8)	23 (59.0)	.013*
Heart failure, n (%)	0 (0)	1 (2.6)	.285
Arrhythmia, n (%)	2 (4.5)	5 (12.8)	.176
Valvular disease, n (%)	1 (2.3)	4 (10.3)	.127
Musculoskeletal disorders, total mean (SD)	2.93 (2.66)	5.26 (4.05)	.002**
Head or neck problems, n (%)	13 (29.5)	12 (30.8)	.903
Arthritis, n (%)	28 (63.6)	26 (66.7)	.773
Osteoporosis, n (%)	6 (13.6)	9 (23.1)	.265
Fractures, n (%)	8 (18.2)	13 (33.3)	.113
Poor standing posture, n (%)	0 (0)	7 (17.9)	.003**
Irregular gait pattern, n (%)	3 (6.8)	11 (28.2)	.009**
Gastrointestinal, total mean (SD)	0.70 (1.19)	1.31 (1.54)	.048*

Swallowing difficulty, n (%)	2 (4.5)	9 (23.1)	.013*
Pyrosis or reflux, n (%)	10 (22.7)	11 (28.2)	.567
Intestinal problems, n (%)	3 (6.8)	5 (12.8)	.355
Digestive problems (diarrhea, constipation, etc.), n (%)	9 (20.5)	15 (38.5)	.071
Pulmonary disease, total mean (SD)	0.39 (0.75)	0.56 (0.91)	.334
Asthma, n (%)	2 (4.5)	4 (10.3)	.316
COPD, n (%)	3 (6.8)	4 (10.3)	.574
History of depression, n (%)	9 (20.5)	11 (28.2)	.410
Mobility aids, n (%)	2 (4.5)	8 (20.5)	.026*
At least 1 ADL or IADL disability, n (%)	4 (9.1)	17 (43.6)	<.001***
Number of daily medications, total mean (SD)	3.77 (2.69)	6.1 (3.26)	.001***

Note: Chi-square tests were run on categorical variables, and ANOVA were applied to continuous variables. SD = standard deviation. * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Measures

Physical Capacity. The physical capacity assessment included functional capacities (Modified Physical Performance Test) (Brown *et al.*, 2000), grip strength (Hand-held Dynamometer), physical endurance (6-Minute Walk Test) (Enright *et al.*, 2003), mobility (Timed Up and Go Test) (Podsiadlo et Richardson, 1991), and gait speed (mean score of Comfortable and Maximum Gait Speed) (Bohannon, 1997).

Cognition. The cognitive assessment included global cognitive functioning (Mini-Mental State Examination (Folstein, 1975) along with other cognitive

measures. Abstract verbal reasoning was assessed with the Similarities subtest of the 3rd edition of the Wechsler Adult Intelligence Scale (WAIS-III) (Wechsler, 1997). Processing speed was assessed with a composite score¹ that included scores on the Digit-Symbol Coding subtest of the WAIS-III (Wechsler, 1997), the Trail Making Test part A (Reitan, 1958), and the Color naming and reading conditions of the Modified Stroop Color-Word Test (Bohnen *et al.*, 1992). Working memory was assessed using a composite score from the Letter-Number Sequencing and Digit Span backward subtests of the WAIS-III (Wechsler, 1997). A composite score from the Rey Auditory Verbal Learning Test (Rey, 1941) served as an index of episodic memory. Executive functions² were assessed using a composite score that included performances obtained at the Trail Making Test part B (Reitan, 1958) and the interference and flexibility conditions of the Modified Stroop Color-Word Test (Bohnen *et al.*, 1992).

Quality of Life. The Quality of Life Systemic Inventory questionnaire (QLSI) (Duquette, Dupuis et Perrault, 1994) was used to assess participants' capacity to achieve their goals in 28 life domains (e.g., marital satisfaction, self-esteem, sleep). This questionnaire was chosen because it enables the evaluation of an individual's quality of life in detail, through the analysis of multiple domains not yet evaluated in frail older adults. These domains are grouped into nine subscales: physical health, leisure activities, social/family, housekeeping, affectivity, cognition, finances, marital satisfaction, and spirituality. The total score provides a global quality of life score. An

additional module was added to assess self-perception of physical capacity, which includes few of the main components associated with frailty (i.e., energy level, strength, flexibility, balance, and physical endurance). For all QLSI domains (including the new module), the quality of life score corresponds to the gap between self-set goals and the actual situation. Higher scores (indicating a wider gap) indicate a poorer quality of life.

Statistical Analyses

A multiple analysis of covariance (MANCOVA) was performed on scores of physical capacity, cognition, and quality of life tests, with frailty status (frail vs. non-frail) as the between-subject factor. To control for group differences reported in Table 2.1, age, ADL, IADL, cardiovascular and gastrointestinal diseases, musculoskeletal disorders, use of mobility aids, and medication, were used as covariates in all the analyses. All reported *p* values lower than .05 were considered statistically significant. Table 2.2 presents scores (adjusted with covariates) obtained for the 3 domains of interest (physical capacity, cognition, and quality of life) for non-frail and frail participants. In order to illustrate the extent to which frail participants differed from non-frail individuals on the multiple dimensions, and to allow comparisons of both groups on a common scale for all variables, *z* scores were computed based on covariate-adjusted scores (corrected for age and medical characteristic) and using non-frail scores in each dimension as normative value. Standardized *z* scores ((frail *Mean* – non-frail *Mean*) / non-frail *Standard Deviation*) of frail older adults are

presented in Figure 2.1 for each measure of the three dimensions of interest. Correlation analyses were also performed between scores in the three dimensions of frailty.

2.4. Results

Table 2.2 - Comparison of frail and non-frail participants on physical capacity, cognition, and quality of life.

Characteristic	Non-frail N=44	Frail N= 39	<i>p</i> -value
PHYSICAL CAPACITY			
Functional capacities	28.94 (4.12)	24.32 (4.12)	<.001***
Grip strength	20.13 (7.84)	17.48 (7.84)	.169
Physical endurance	487.05 (86.06)	413.27 (86.03)	.001***
Mobility [#]	9.74 (3.59)	11.78 (3.59)	.022*
Gait speed	1.50 (0.23)	1.30 (0.23)	.001***
COGNITION			
Global cognitive functioning	28.60 (1.46)	28.24 (1.48)	.309
Abstract verbal reasoning	21.46 (6.89)	18.90 (6.99)	.135
Processing speed	0.32 (0.84)	-0.36 (0.85)	.002**
Working memory	0.12 (0.98)	-0.13 (0.99)	.309
Episodic memory	8.41 (2.55)	7.62 (2.58)	.208
Executive functions	0.42 (0.83)	-0.47 (0.84)	<.001***

QUALITY OF LIFE (ISQV) [#]

Global	13.62 (8.89)	19.24 (9.16)	.013**
Physical health	15.00 (10.48)	20.85 (10.80)	.028*
Leisure	14.53 (12.61)	17.27 (12.99)	.384
Social/Family	14.52 (14.42)	15.93 (14.86)	.695
Housekeeping efficacy	13.70 (15.92)	24.57 (16.40)	.007**
Affectivity	12.25 (11.61)	19.07 (11.96)	.020*
Cognition	14.84 (14.79)	24.68 (15.25)	.009**
Finances	9.66 (11.22)	14.41 (11.56)	.093
Marital satisfaction	16.30 (28.23)	26.71 (33.51)	.197
Spirituality	10.12 (11.19)	11.45 (11.99)	.644
Physical capacity	17.12 (12.58)	26.93 (12.96)	.002**

Note. # A lower score on those measures indicates better performance. Mean scores and (standard deviation) are estimated after adjustments for age, ADL and IADL, cardiovascular and gastrointestinal diseases, musculoskeletal disorders, use of mobility aids, and medication. MANCOVA results show that the detrimental effect of frailty is specific on cognitive functioning (executive functions and processing speed). Global quality of life was affected, which can be explained by specific altered components: physical health, cognition, affectivity, housekeeping efficacy, and perception of physical capacity. All physical capacity except grip strength was diminished in frail older adults.

* $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Physical capacity

Results of the MANCOVA indicated that physical capacity were significantly lower in frail compare to non-frail participants (Wilks' lambda = .744, $F(5,70) = 4.74$, $p = .001$), which was explained by diminished performances in functional capacities, $F(1,74) = 21.21$, $p < .001$; physical endurance, $F(1,74) = 12.38$, $p = .001$; gait speed, $F(1,74) = 12.28$, $p = .001$; and mobility, $F(1,74) = 5.44$, $p = .02$. Grip strength was lower in frail compare to non-frail older adults, but this difference did not reach significant level, $F(1,74) = 1.93$, $p > .05$. The mean z-score gap (see Figure 2.1) between frail and non-frail participants for all physical capacity assessed was 0.75, with a standard deviation of 0.30.

Cognition

Significant differences were found between frail and non-frail participants in cognition (Wilks' lambda = .791, $F(6,69) = 3.044$, $p = .011$). More specifically, reduced performances were observed in frail older adults on measures of executive functions, $F(1,74) = 17.36$, $p < .001$, and processing speed, $F(1,74) = 9.64$, $p = .003$. There was no difference between groups on global cognitive functioning, $F(1,74) = 1.00$, $p > .05$, working memory, $F(1,74) = 1.00$, $p > .05$, episodic memory, $F(1,74) = 1.61$, $p > .05$, and abstract verbal reasoning $F(1,74) = 2.33$, $p > .05$. The mean z-score gap between frail and non-frail participants for all cognitive functions was 0.46, with a standard deviation of 0.26.

Quality of life

Significant differences were also found between frail and non-frail participants in quality of life (Wilks' lambda = .832, $F(9,66) = 2.29$, $p = .046$). Global quality of life was lower in frail compared to non-frail participants, $F(1,74) = 6.62$, $p = .01$. More specifically, differences between groups were observed in perceived physical capacity, $F(1,74) = 10.03$, $p = .002$; housekeeping efficacy, $F(1,74) = 7.77$, $p = .01$; cognition, $F(1,74) = 7.26$, $p = .01$; affectivity, $F(1,74) = 5.57$, $p = .02$; and physical health, $F(1,74) = 5.14$, $p = .03$. No significant difference between groups was found on social/family interactions, $F(1,74) = 0.18$, $p > .05$, spirituality, $F(1,74) = 0.20$, $p > .05$, leisure activities, $F(1,74) = 0.82$, $p > .05$, marital satisfaction, $F(1,32) = 1.74$, $p > .05$, and finances, $F(1,74) = 3.11$, $p > .05$. The mean z-score gap between frail and non-frail participants for all quality of life measures was 0.47, with a standard deviation of 0.24.

Correlations between the multiple dimensions of frailty

Pearson correlation analyses were performed between the scores obtained on the measures that showed significant group differences. Results indicated that physical endurance (measured by the 6-Minute Walk Test), which was significantly linked to all other physical capacity measures ($p < .05$), was also associated with processing speed, $r = .32$, $p = .002$, and executive functions (note that executive function scores already controlled for processing speed), $r = .21$, $p = .05$. Physical

endurance was also significantly associated with some of the quality of life measures: self-perception of physical capacity, $r = -.49, p < .001$, housekeeping efficacy, $r = -.32, p = .004$, and health, $r = -.27, p = .013$.

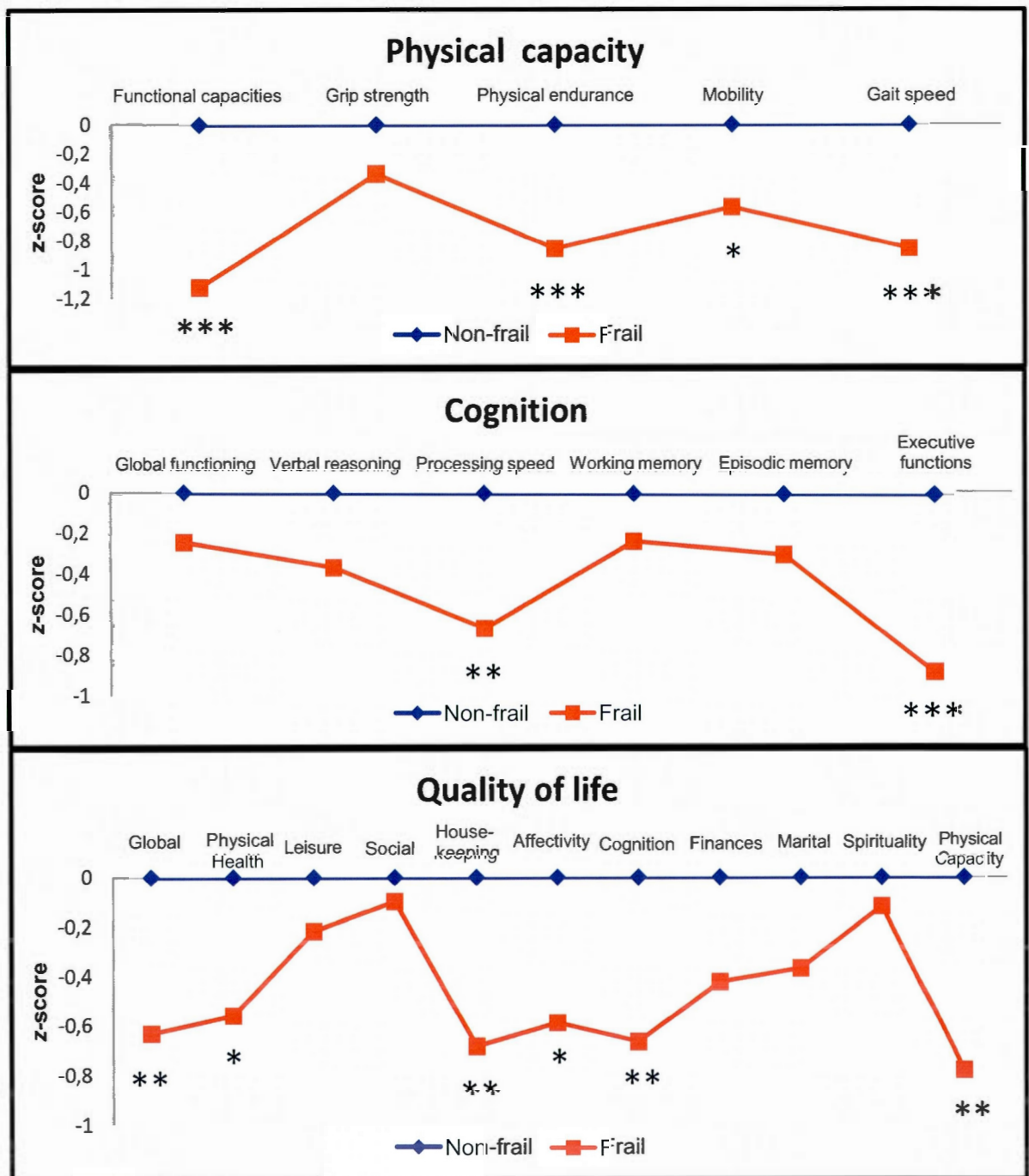


Figure 2.1 - Standardized z scores illustrate the differences between frail and non-frail participants in tests measuring physical capacity, cognition, and quality of life. Levels of significance are based on the MANCOVA results (see text for details).

2.5. Discussion

The goal of this study was to assess the impact of frailty on specific aspects of cognition and quality of life, after a strict control of several demographic and medical characteristic. This statistical control was done in order to assess specific effects of frailty in different key dimensions of everyday life.

Differences between frail and non-frail participants in measures of physical capacity were to be expected given that reduced physical capacity is the main feature of frailty and that some of the physical capacity measures used in the present study were considered for the frailty diagnosis (e.g., gait speed and performances on the Modified Physical Performance Test). It is worth noting however that not all physical capacity measures showed reduced performances in frail older adults to the same extent (as analysed with z scores), meaning that frailty might have a more deleterious effect on some components of physical capacity than other (e.g., physical endurance and gait speed). Moreover, reduced physical capacities remained significant after controlling for all medical and demographic variables included in this study (except for grip strength), suggesting that differences observed between groups in physical capacities cannot be fully accounted for by group differences in medical and demographic variables.

The main goal of the present study was to assess specific differences in cognitive and psychological profiles in frail and non-frail participants. Our results

suggest that cognitive deficits associated with frailty are specific to certain cognitive domains and can be observed in the absence of more global cognitive deficit as assessed with the MMSE. Frail participants showed lower scores on executive functions and processing speed measures compared to non-frail participants. However, the two groups were equivalent on measures of verbal reasoning, working memory, and episodic memory. This suggests that specific neuropsychological tests that target processing speed and executive functions help dissociate frail and non-frail older adults. Deficits in executive functions and processing speed have been reported in older adults with cardiovascular diseases (Jokinen *et al.*, 2011). Interestingly, the present deficits were observed in frail elders after controlling for cardiovascular risk factors. This suggests that decline in executive functions and processing speed associated with frailty cannot be explained only by a specific medical condition, such as cardiovascular diseases. Impaired executive functions may have devastating consequences for older adults, as they involve a wide range of important capacities, such as the ability to organize and plan, inhibit inappropriate behaviour, and adapt to new situations (Miyake, Emerson et Friedman, 2000). Impaired processing speed can also be critical, as this cognitive process is involved in everyday functions such as learning and driving (Edwards, Delahunt et Mahncke, 2009). Moreover, even without physical impairments, impaired executive functions and processing speed have been associated with reduced mobility and increased risk of falling (Yogev-Seligmann, Hausdorff et Giladi, 2008).

The present study also explored the potential impact of frailty on a variety of quality of life domains. Results suggest that frailty can have a negative impact on self-perception of physical capacity, general health, cognition, housekeeping efficacy, and affectivity. In several other domains (e.g., spirituality, marital satisfaction, finances), quality of life was reported as equivalent among frail and non-frail participants. It thus seems that in frail older adults, self-perception seems coherent with their medical, physical, and cognitive impairments. Indeed, they seem to have a realistic perception of their own capacity. This is not trivial findings and might help understand negative impacts of frailty on psychological health and eventually guide clinicians toward psychological interventions aimed at improving coping strategy in frail patients.

Results of the correlation analyses suggest that interconnections between physical, cognitive, and psychological impairments associated with frailty exist. Indeed, reduced physical endurance was linked to all other physical capacity, as well as processing speed and executive functions impairments. A reduced physical endurance was also associated with poor quality of life, especially in self-perception of health, housekeeping efficacy, and physical capacity. These results suggest that frailty outcomes are inter-related in some ways and that the multiple dimensions of frailty may influence one another.

This study has some limitations. The cross-sectional design does not allow conclusion on the relationship between the multiple dimensions of frailty. While the

results suggest that along with physical capacity impairments, frailty is associated with decline in cognitive performances and quality of life, whether the psychological distress is the by-product of physical capacity decline, cognitive impairments, or both, should await further study.

2.6. Conclusion

In addition to physical capacity, frailty is associated with cognitive and psychological symptoms. These symptoms should be taken into account to better encompass the complexity of the frailty syndrome and a multidimensional approach should be used to assess the impacts of intervention programs devoted to frail older adults.

Conflict of interest declaration

None.

Description of author's roles

F.Langlois and L.Bherer conceptualized and designed the study, and wrote the manuscript. Data management and statistical analyses were performed by F.Langlois. Medical examination was performed by T.T.Minh Vu. M-J.Kergoat assisted in elaborating the frailty assessment. K.Chassé performed the physical capacity assessment. The quality of life assessment was designed and validated by G.Dupuis.

Acknowledgments

This study was supported by a grant from the Comité Aviseur de la Recherche Clinique of the Institut universitaire de gériatrie de Montréal. F.Langlois was supported by a PhD fellowship from the Canadian Institutes of Health Research (CIHR) and L.Bherer was supported by the Fonds de la Recherche en Santé du Québec (FRSQ) and the Canadian Research Chair Program (Tier 2).

2.7. References

- Bergman, H., L. Ferrucci, J. Guralnik, D. B. Hogan, S. Hummel, S. Karunanathan et C. Wolfson. 2007. «Frailty: an emerging research and clinical paradigm--issues and controversies». *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, vol. 62, no 7, p. 731-737.
- Bohannon, R. W. 1997. «Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20-79 years: reference values and determinants». *Age Ageing*, vol. 26, no 1, p. 15-19.
- Bohnen, N, Jolles, J, Twijnstra et A. 1992. *Modification of the stroop color word test improves differentiation between patients with mild head injury and matched controls* Trad. de: 0920-1637. Lisse, PAYS-BAS: Swets & Zeitlinger p.
- Brown, M., D. R. Sinacore, E. F. Binder et W. M. Kohrt. 2000. «Physical and performance measures for the identification of mild to moderate frailty». *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, vol. 55, no 6, p. M350-355.
- Cesari, M., C. Leeuwenburgh, F. Lauretani, G. Onder, S. Bandinelli, C. Maraldi, J. M. Guralnik, M. Pahor et L. Ferrucci. 2006. «Frailty syndrome and skeletal muscle: results from the Invecchiare in Chianti study». *Am J Clin Nutr*, vol. 83, no 5, p. 1142-1148.

- Chang, C. I., D. C. Chan, K. N. Kuo, C. A. Hsiung et C. Y. Chen. 2010. «Vitamin D insufficiency and frailty syndrome in older adults living in a Northern Taiwan community». *Arch Gerontol Geriatr*, vol. 50 Suppl 1, p. S17-21.
- Duquette, R. L., G. Dupuis et J. Perrault. 1994. «A new approach for quality of life assessment in cardiac patients: rationale and validation of the Quality of Life Systemic Inventory». *Can J Cardiol*, vol. 10, no 1, p. 106-112.
- Edwards, J. D., P. B. Delahunt et H. W. Mahncke. 2009. «Cognitive speed of processing training delays driving cessation». *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, vol. 64, no 12, p. 1262-1267.
- Enright, P. L., M. A. McBurnie, V. Bittner, R. P. Tracy, R. McNamara, A. Arnold et A. B. Newman. 2003. «The 6-min walk test: a quick measure of functional status in elderly adults». *Chest*, vol. 123, no 2, p. 387-398.
- Ferrucci, L., Windham, BG, Fried, LP. 2005. «Frailty in older persons». *Genus*, vol. 61, p. 39-53
- Fillenbaum, G. G., et M. A. Smyer. 1981. «The development, validity, and reliability of the OARS multidimensional functional assessment questionnaire». *J Gerontol*, vol. 36, no 4, p. 428-434. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=7252074.
- Folstein, M., Folstein, S.E., McHugh, P.R. 1975. «“Mini-Mental State” a Practical Method for Grading the Cognitive State of Patients for the Clinician». *Journal of Psychiatric Research*, vol. 12, no 3, p. 189-198.
- Fried, L. P., L. Ferrucci, J. Darer, J. D. Williamson et G. Anderson. 2004. «Untangling the concepts of disability, frailty, and comorbidity: implications for improved targeting and care». *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, vol. 59, no 3, p. 255-263.

- Fried, L. P., C. M. Tangen, J. Walston, A. B. Newman, C. Hirsch, J. Gottdiener, T. Seeman, R. Tracy, W. J. Kop, G. Burke et M. A. McBurnie. 2001. «Frailty in older adults: evidence for a phenotype». *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, vol. 56, no 3, p. M146-156.
- Hays, R. D., H. Hahn et G. Marshall. 2002. «Use of the SF-36 and other health-related quality of life measures to assess persons with disabilities». *Arch Phys Med Rehabil*, vol. 83, no 12 Suppl 2, p. S4-9.
- Jokinen, H., A. A. Gouw, S. Madureira, R. Ylikoski, E. C. van Straaten, W. M. van der Flier, F. Barkhof, P. Scheltens, F. Fazekas, R. Schmidt, A. Verdelho, J. M. Ferro, L. Pantoni, D. Inzitari et T. Erkinjuntti. 2011. «Incident lacunes influence cognitive decline: the LADIS study». *Neurology*, vol. 76, no 22, p. 1872-1878.
- Leng, S. X., W. Hung, A. R. Cappola, Q. Yu, Q. L. Xue et L. P. Fried. 2009. «White blood cell counts, insulin-like growth factor-1 levels, and frailty in community-dwelling older women». *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, vol. 64, no 4, p. 499-502.
- Masel, M. C., J. E. Graham, T. A. Reistetter, K. S. Markides et K. J. Ottenbacher. 2009. «Frailty and health related quality of life in older Mexican Americans». *Health Qual Life Outcomes*, vol. 7, p. 70.
- Matusik, P., K. Tomaszewski, K. Chmielowska, J. Nowak, W. Nowak, A. Parnicka, M. Dubiel, J. Gasowski et T. Grodzicki. 2011. «Severe frailty and cognitive impairment are related to higher mortality in 12-month follow-up of nursing home residents». *Arch Gerontol Geriatr*. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=21764151>.
- Miyake, A., M. J. Emerson et N. P. Friedman. 2000. «Assessment of executive functions in clinical settings: problems and recommendations». *Semin Speech Lang*, vol. 21, no 2, p. 169-183.

- Podsiadlo, D., et S. Richardson. 1991. «The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons». *J Am Geriatr Soc*, vol. 39, no 2, p. 142-148.
- Reitan, R. M. 1958. «Validity of the Trail Making Test as an indicator of organic brain damage». *Perceptual and Motor Skills*, vol. 8, p. 271-276.
- Rey, Andre. 1941. «L'examen psychologique dans les cas d'encéphalopathie traumatique». *Archives de Psychologie*, vol. 28, p. 21.
- Rochat, S., R. G. Cumming, F. Blyth, H. Creasey, D. Handelsman, D. G. Le Couteur, V. Naganathan, P. N. Sambrook, M. J. Seibel et L. Waite. 2010. «Frailty and use of health and community services by community-dwelling older men: the Concord Health and Ageing in Men Project». *Age Ageing*, vol. 39, no 2, p. 228-233.
- Rockwood, K., S. E. Howlett, C. MacKnight, B. L. Beattie, H. Bergman, R. Hebert, D. B. Hogan, C. Wolfson et I. McDowell. 2004. «Prevalence, attributes, and outcomes of fitness and frailty in community-dwelling older adults: report from the Canadian study of health and aging». *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, vol. 59, no 12, p. 1310-1317.
- Rockwood, K., X. Song, C. MacKnight, H. Bergman, D. B. Hogan, I. McDowell et A. Mitnitski. 2005. «A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people». *CMAJ*, vol. 173, no 5, p. 489-495.
- Samper-Ternent, R., S. Al Snih, M. A. Raji, K. S. Markides et K. J. Ottenbacher. 2008. «Relationship between frailty and cognitive decline in older Mexican Americans». *J Am Geriatr Soc*, vol. 56, no 10, p. 1845-1852.
- Serviddio, G., A. D. Romano, A. Greco, T. Rollo, F. Bellanti, E. Altomare et G. Vendemiale. 2009. «Frailty syndrome is associated with altered circulating redox balance and increased markers of oxidative stress». *Int J Immunopathol Pharmacol*, vol. 22, no 3, p. 819-827.
- Walston, J., E. C. Hadley, L. Ferrucci, J. M. Guralnik, A. B. Newman, S. A. Studenski, W. B. Ershler, T. Harris et L. P. Fried. 2006. «Research agenda for

frailty in older adults: toward a better understanding of physiology and etiology: summary from the American Geriatrics Society/National Institute on Aging Research Conference on Frailty in Older Adults». *J Am Geriatr Soc*, vol. 54, no 6, p. 991-1001.

Wechsler, David. 1997. *WAIS-III administration and scoring manual, third edition*. The Psychological Corporation, 217 p.

Yogev-Seligmann, G., J. M. Hausdorff et N. Giladi. 2008. «The role of executive function and attention in gait». *Mov Disord*, vol. 23, no 3, p. 329-342; quiz 472.

Footnotes

¹ Composite score (X) were created based on an equally unit weighted approach using z scores: composite score (X) = mean (z score A, z score B, z score C, ...). All measures of each composite score were highly intercorrelated and had been found to measure a specific cognitive function.

² An executive functions composite score was calculated after controlling for processing speed: composite executive function score (X) = mean (z score Trail Making Test part B minus part A, z score of the interference condition of the Stroop minus the color naming and reading conditions of the Stroop test, z score of the flexibility conditions of the Stroop minus the color naming and reading conditions).

CHAPITRE III

ARTICLE 2 - The Benefits of Physical Exercise Training on Cognition and Quality of Life in Frail Older Adults

Published in *Journal of Gerontology Psychological Sciences*

Francis Langlois^{1,2}, Thien Tuong Minh Vu², Marie-Jeanne Kergoat², Kathleen Chassé², Gilles Dupuis^{1,3} & Louis Bherer^{1,2}

¹ *Université du Québec à Montreal (UQAM)*

² *Institut universitaire de geriatrie de Montreal (IUGM)*

³ *Institut de Cardiologie de Montreal*

3.1. Abstract

Objectives. Frailty is a state of vulnerability associated with adverse outcomes such as falls, hospitalization, and death. Cognitive deficits and psychological distress are also common in frail elders. Studies with healthy senior suggest that physical exercise training could significantly improve cognition and quality of life. Whether frail older adults can show such benefits remains to be documented.

Methods. Eighty-three participants aged 61 to 89 years were assigned to an exercise training group (3 times a week for 12 weeks) or a control group (waiting list). Frailty was determined by a complete geriatric examination using specific criteria. Pre and post-test measures assessed physical capacity, cognitive performances, and quality of life.

Results. Compared to controls, the intervention group showed significant improvement in physical capacity [functional capacities and physical endurance], cognitive performance [executive functions, processing speed, and working memory], and quality of life [global quality of life, leisure activities, physical capacity, social / family relationship, and physical health]. Benefits were overall equivalent between frail and non-frail participants.

Discussion. Physical exercise training is associated with improved cognitive functioning and psychological well-being in frail older adults.

Keywords: Aging; Frailty; Physical exercise; Cognitive Impairment; Quality of life

3.2. Introduction

Recent studies suggest that physical exercise training can enhance physical capacity, not only in healthy seniors (Paterson, Jones et Rice, 2007) but also in frail older adults (Binder *et al.*, 2005). Moreover, it has been observed that in healthy older adults, exercise-training interventions lead to significant improvement in cognitive performances (Angevaren *et al.*, 2008 ; Colcombe et Kramer, 2003 ; Erickson *et al.*, 2011 ; Masley, Roetzheim et Gualtieri, 2009 ; Renaud *et al.*, 2010 ; Smith *et al.*, 2010) and enhanced quality of life (Elavsky *et al.*, 2005). However, most of the studies published so far on fitness and cognition in older adults involved healthy community dwellers. In many such cases, participants present few medical conditions or risk factors, virtually no limiting factors for exercise, and no signs of cognitive impairment. Although these seminal studies have allowed us to conclude that physical exercise at any age can provide substantial and appreciable benefits for psychological health and neurocognitive functions, whether physical exercise interventions can lead to significant cognitive and psychological benefits in patients with chronic diseases and complex geriatric syndromes remains to be documented.

An emerging syndrome that appears particularly relevant in the context of physical exercise intervention is frailty, as it apparently limits physical activity and exercise. Frailty is a complex geriatric syndrome that has gained increased attention among health professionals because it offers an important frame of reference for risk quantification and prognosis in elderly populations (Lekan, 2009). It is usually

defined as a complex health state of increased vulnerability to stressors due to impairments in multiple systems, and has been associated with adverse outcomes such as disability, falls, hospitalization, and death (Fried *et al.*, 2001). With aging, the prevalence of frailty increases from 7% in older adults aged between 65 and 74 years to 18% between 75 and 84 years, and 37% at age 85 years and older (Rockwood *et al.*, 2004). It was recently observed that compared to healthy age-matched participants, frail older adults show specific cognitive deficits in executive functions and processing speed and reported reduced quality of life in specific domains (self-perceptions of physical capacity, cognition, affectivity, housekeeping efficacy, and physical health)(Langlois *et al.*, 2010).

There is urgent need to find intervention approaches that would reduce the negative impacts of frailty and thereby lessen its social and economical impacts (Guralnik *et al.*, 2002). The present study aimed to assess whether physical exercise training would lead to significant improvement in cognition and quality of life in frail older adults, as was previously reported in healthy seniors.

3.3. Methods

Participants

Eighty-three participants aged from 61 to 89 years old participated in this study. They were recruited through newspaper ads and notices at locations near the research center where the experiment took place. All participants signed a consent

form approved by the ethical committee of the geriatric hospital and agreed to participate in a 3-month exercise program. All participants underwent a complete medical assessment by a geriatrician to ensure that they could perform a physical exercise program at low risk. Participants were excluded if they showed limitations to undertake a physical exercise program, signs of dementia (score of < 25 at the MMSE (Folstein, 1975)), or depression (score of > 10 at the Geriatric depression scale (Yesavage *et al.*, 1982)).

Participants were categorized as frail if they met at least two of the three following diagnostic criteria: (1) three of the five symptoms of frailty, as defined by Fried and colleagues (2001) (muscular weakness, slow walking speed, fatigability, remaining sedentary, and unintentional weight lost); (2) a score of 28 or less out of 36 on the Modified Physical Performance Test (Brown *et al.*, 2000); and (3) identified as frail according to the clinical geriatrician's judgment based on the frailty index (Rockwood *et al.*, 2005).

This is a matched-control group design in which frail and non-frail participants were randomly assigned to the control or the training conditions to form subgroups of 3-5 participants (see Figure 3.1 for the study design). Groups were formed according to the moment at which participants engaged in the study and based on their medical condition (frail or non-frail). When a certain amount of frail and non-frail individuals was recruited and screened by the geriatrician, the groups were formed by random assignment while ensuring that female to male ratio was

equivalent in each group. To reduce the effect of negative expectations, participants of the control group were not informed of the experimental group and were given a different consent form. Of the 43 participants in the intervention group, 36 completed the assessment before and after the physical exercise program (three frail and four non-frail participants started the training program but dropped-out before completion: three for a schedule conflict; three for a specific medical complication; and one for a marital conflict). Of the 40 participants in the control group, 36 completed the assessment before and after the 12-week period (two frail and two non-frail participants did not attend the post-test session). Participants who dropped-out of the study were comparable to those who completed the study on all physical, cognitive, and psychological measures. Intent-to-treat analyses performed with the data available for the 11 patients that did not complete the study did not modify any of the results reported.

Intervention Group. The physical exercise-training program consisted of 12 weeks of 1-hour aerobic, strength, and flexibility exercise sessions held 3 days per week. A certified kinesiologist led each session in a gymnasium specially equipped for a geriatric population. Training was conducted in subgroups of 3 to 5 participants to ensure adequate supervision. Each session included 10 minutes of warm up exercises (including stretching and balancing), 10–30 minutes of aerobic workout (treadmill, recumbent bike, and elliptical), and 10 minutes of strength training, followed by 10 minutes of cool down exercises. The intensity and duration of the aerobic exercises were increased gradually on an individual basis, using the Borg

Rating of Perceived Exertion (RPE) scale. Participants were asked to adjust their perceived effort to moderate to hard intensity. Multi-component training was chosen because this type of intervention has been shown to be highly appropriate to improve physical capacity in frail older adults (Chin *et al.*, 2008).

Control Group. Participants in the control group were instructed to maintain their current level of activity during the entire study period. After participating in the study, they were offered the opportunity to join a physical training program.

There were no significant differences between the intervention and control groups at baseline in all physical capacity, cognitive, and quality of life measures ($p > .05$). Table 3.1 presents the baseline demographic and medical characteristics of participants.

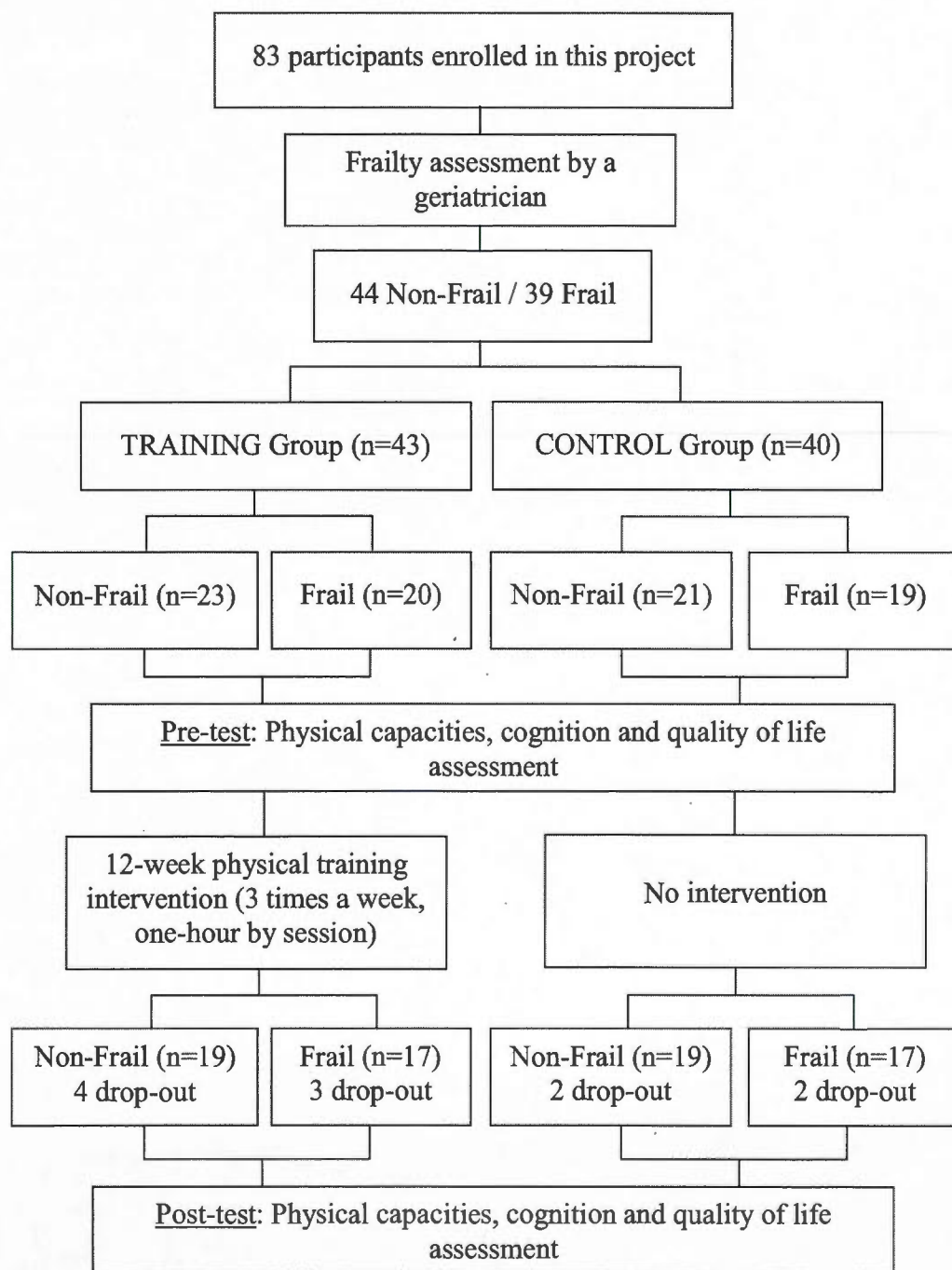


Figure 3.1 - Study design.

Table 3.1 - Baseline Characteristics of Participants.

Characteristic	Control group (n=36)		Training group (n=36)		Frailty effects		Group differences <i>p-value</i>
	Non-frail (n=19)	Frail (n=17)	Non-frail (n=19)	Frail (n=17)			
Age, mean \pm SD	70.95 \pm 5.38	75.41 \pm 4.91	68.74 \pm 5.52	74.47 \pm 6.99		<.001***	.25
Female, n (%)	17 (89.47)	13 (76.47)	14 (73.68)	12 (70.59)		.41	.26
Education, mean \pm SD	13.00 \pm 2.71	12.68 \pm 4.33	15.47 \pm 3.12	13.35 \pm 4.92		.19	.09
Cardiovascular diseases, total mean \pm SD	0.79 \pm 0.92	1.53 \pm 1.23	1.11 \pm 1.29	2.12 \pm 1.27		.003**	.11
Hypertension, n (%)	7 (36.84)	10 (58.82)	8 (42.11)	14 (82.35)		.009**	.24
Diabetes mellitus, n (%)	1 (5.26)	4 (23.53)	2 (10.53)	2 (11.76)		.21	.72
Dyslipidemia, n (%)	6 (31.58)	7 (41.18)	7 (36.84)	13 (76.47)		.04*	.10
Heart failure, n (%)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (5.88)		.29	.32
Arrhythmia, n (%)	1 (5.26)	1 (5.88)	1 (5.26)	2 (11.76)		.55	.64
Valvular disease, n (%)	0 (0)	3 (17.65)	1 (5.26)	1 (5.88)		.13	.64
Musculoskeletal disorders, total mean \pm SD	2.58 \pm 1.61	4.59 \pm 3.06	3.05 \pm 2.97	6.35 \pm 4.86		.001***	.15
Head and neck problems, n (%)	4 (21.05)	4 (23.53)	6 (31.58)	6 (35.29)		.77	.29
Arthritis, n (%)	11 (57.89)	11 (64.71)	13 (68.42)	13 (76.47)		.50	.32

Osteoporosis, n (%)	5 (26.32)	6 (35.29)	0 (0)	3 (17.65)	.15	.02*
History of Fractures, n (%)	3 (15.79)	6 (35.29)	4 (21.05)	5 (29.41)	.17	1.00
Poor Standing Posture, n (%)	0 (0)	3 (17.65)	0 (0)	4 (23.53)	.003**	.69
Irregular Gait Pattern, n (%)	2 (10.53)	4 (23.53)	1 (5.26)	7 (41.18)	.01**	.55
Gastrointestinal, total mean \pm SD	0.63 \pm 1.01	0.94 \pm 1.25	0.68 \pm 1.42	1.59 \pm 1.73	.07	.28
Swallowing difficulty, n (%)	1 (5.26)	1 (5.88)	1 (5.26)	7 (41.18)	.03*	.04*
Pyrosis or reflux, n (%)	2 (10.53)	3 (17.65)	6 (31.58)	5 (29.41)	.80	.09
Digestive problems, n (%)	5 (26.32)	6 (35.29)	2 (10.53)	7 (41.18)	.06	.60
Pulmonary disease, total mean \pm SD	0.47 (0.96)	0.59 (0.94)	0.32 (0.48)	0.65 (1.00)	.27	.81
Asthma, n (%)	1 (5.26)	3 (17.65)	1 (5.26)	1 (5.88)	.32	.39
COPD, n (%)	2 (10.53)	3 (17.65)	1 (5.26)	1 (5.88)	.58	.23
History of depression, n (%)	2 (10.53)	2 (11.76)	5 (26.32)	7 (41.18)	.41	.02*
Mobility aids, n (%)	1 (5.26)	4 (23.53)	1 (5.26)	4 (23.53)	.03*	1.00
At least 1 ADL or IADL disability, n (%)	1 (5.26)	6 (35.29)	2 (10.53)	10 (58.82)	<.001***	.18
Number of daily medications, mean \pm SD	3.74 \pm 2.71	6.12 \pm 3.82	3.79 \pm 2.96	6.71 \pm 2.69	<.001***	.66

Note. Chi-square tests were used for categorical variables, and ANOVA were used for continuous variables. SD = standard deviation. * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Measures

Participants underwent all pre-test and post-test assessments within one week before and after the 12-week study period (physical training intervention or waiting list). They were assessed in three different sessions for physical capacity, cognition, and quality of life, with all participants following the same order. Patients were given one day of rest between each session.

Physical Capacity. Physical capacity assessment included the Modified Physical Performance Test (Brown *et al.*, 2000), grip strength (hand-held dynamometer) (Mathiowetz *et al.*, 1985), physical endurance (6-Minute Walk Test) (Enright *et al.*, 2003), mobility (Timed Up and Go Test) (Podsiadlo et Richardson, 1991), and gait speed (mean score of comfortable and maximum gait speed) (Bohannon, 1997).

Cognition. Cognitive evaluation involved 6 cognitive domains: 1) global cognitive functioning (MMSE (Folstein, 1975)), 2) abstract verbal reasoning (Similarities subtest of the 3rd edition of the Wechsler Adult Intelligence Scale (WAIS-III) (Wechsler, 1997)), 3) processing speed (composite mean score on the Digit-Symbol Coding subtest (Wechsler, 1997) of the WAIS-III, the Trail Making Test (TMT) part A (Reitan, 1958), and the Color naming and reading conditions of the Modified Stroop Color-Word Test (Bohnen, Jolles et Twijnstra, 1992)), 4) working memory (composite mean score on the Letter-Number Sequencing and the

Digit Span backward subtests of the WAIS-III (Wechsler, 1997)), 5) episodic memory (composite mean recall score on the Rey Auditory Verbal Learning Test (Rey, 1941)), and 6) executive functions (composite mean score on the TMT part B minus part A, and the Interference and flexibility conditions of the Modified Stroop Color-Word Test minus the color naming and reading conditions).

Quality of Life. The Quality of Life Systemic Inventory questionnaire (Duquette, Dupuis et Perrault, 1994) assessed the capacity to achieve personal goals in 28 life domains (e.g., marital life, self-esteem, sleep). These domains are categorized into nine subscales, providing global quality of life scores in the following dimensions: physical health, leisure activities, social/family, housekeeping, affectivity, cognition, finance, marital relationship, and spirituality. A specific subscale was added in the present study for the participants' self-assessment of various physical capacity components: energy level, strength, physical endurance, balance, and flexibility. The Quality of life scores correspond to the discrepancy between an individual's self-set goals and the actual situation: lower scores indicate a smaller discrepancy and thus a better quality of life.

Statistical Analyses

Given that frail and non-frail participants differed in baseline functioning and to allow comparison of scores from the different measurement scales on a common scale, z score were computed on raw scores by subtracting individual scores from the

group's *mean* (pre and post combined), divided by the group's *standard deviation* (pre and post combined). Using *z* score is a very well-established and useful method to compare results on a common scale (Tabachnick et Fidell, 2006). To assess the effect of the intervention, statistical analyses were performed on *z* score changes calculated for each participant by subtracting *z* score at post-test from *z* score at pre-test.

Multivariate analyses of variance (MANOVA) were performed separately for physical capacity, cognition, and quality of life *z* scores change (dependent variable), with group (intervention vs. control) and frailty (frail vs. non-frail) as fixed factors. Bonferroni correction was used for multiple tests. Follow up analyses were performed using univariate ANOVAs. Given the relatively small sample size, simple effects are provided here even in the absence of a significant group X frailty main effect, to assess whether training gains were equivalent among frail and non-frail individuals.

Significance level was set at .05. Analyses were performed with SPSS statistical software, version 16.0 (SPSS Inc., Chicago, IL).

3.4. Results

Figure 3.2, 3.3, and 3.4 shows the *z* score change for all physical capacity, cognitive functions, and quality of life components.

Physical capacity

Results from the MANOVA showed a significant main effect of group, $F(5, 63) = 9.47, p < .001$, due to a larger improvement in the training group compared to the control group in functional capacity (Modified PPT), $F(1, 68) = 24.03, p < .001$, and physical endurance (6-MWT), $F(1, 68) = 4.79, p = .03$. No effect of training was found on gait speed ($p = .58$), mobility ($p = .26$), or grip strength ($p = .08$).

There was no interaction between group and frailty overall, $F(5, 63) = 1.58, p = .18$. However, a group X frailty interaction was found on functional capacity (Modified PPT), $F(1, 68) = 4.00, p = .049$, due to larger improvement, $F(1, 34) = 6.77, p = .014$, in frail (z score difference = .79) than non-frail older adults (z score change = .36). There was no group X frailty interaction on physical endurance. The effects of training assessed by the 6-MWT were equivalent between frail (z score change of .33) and non-frail individuals (z score change = .20).

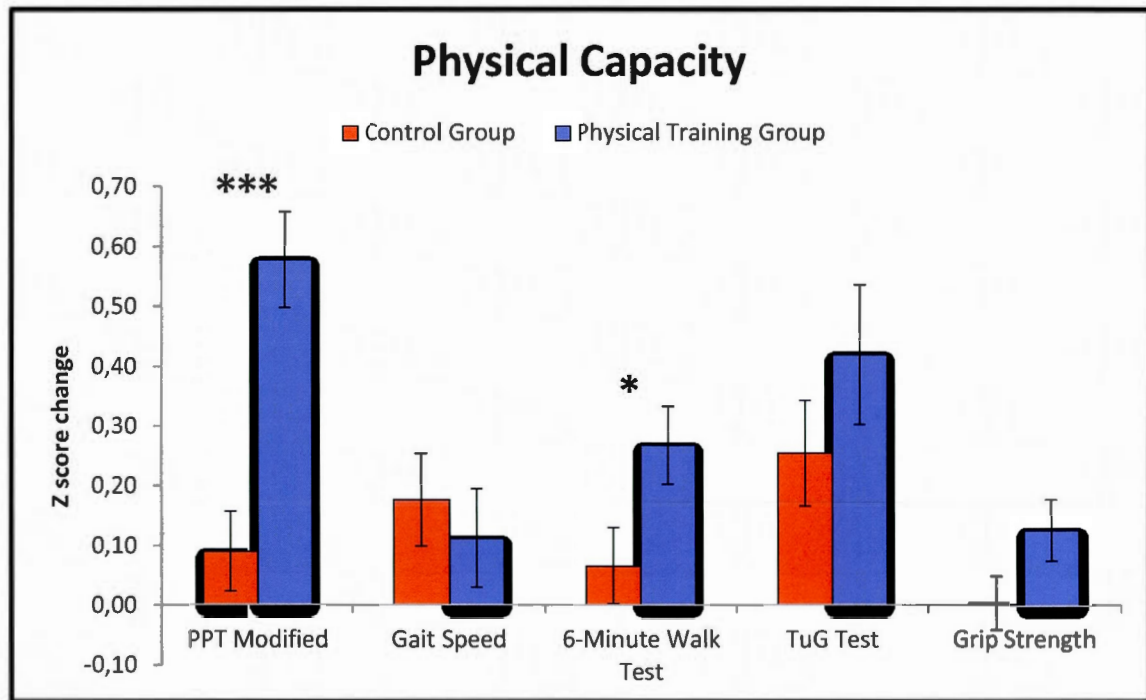


Figure 3.2 - Illustrates the z score change of the training and control groups for all physical capacity measures. * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Cognition

A significant main effect of group, $F(6, 63) = 3.27, p = .007$, was observed on cognitive performances. Follow up univariate ANOVAs revealed a larger improvement in the training group compared to the control group on processing speed, $F(1, 68) = 6.38, p = .014$, working memory, $F(1, 68) = 4.61, p = .035$, and executive functions $F(1, 68) = 4.45, p = .039$. No significant training effects were found for global cognitive functioning ($p = .54$), abstract verbal reasoning ($p = .31$), or episodic memory ($p = .21$).

There was no group X frailty interaction overall, $F(6, 63) = 0.47, p = .83$, and training gains were equivalent between frail and non-frail individuals. Respectively for frail and non-frail individuals, pre vs. post-test change in z score were .24 and .35 in processing speed, .35 and .13 in working memory, and .36 and .24 in executive functions.

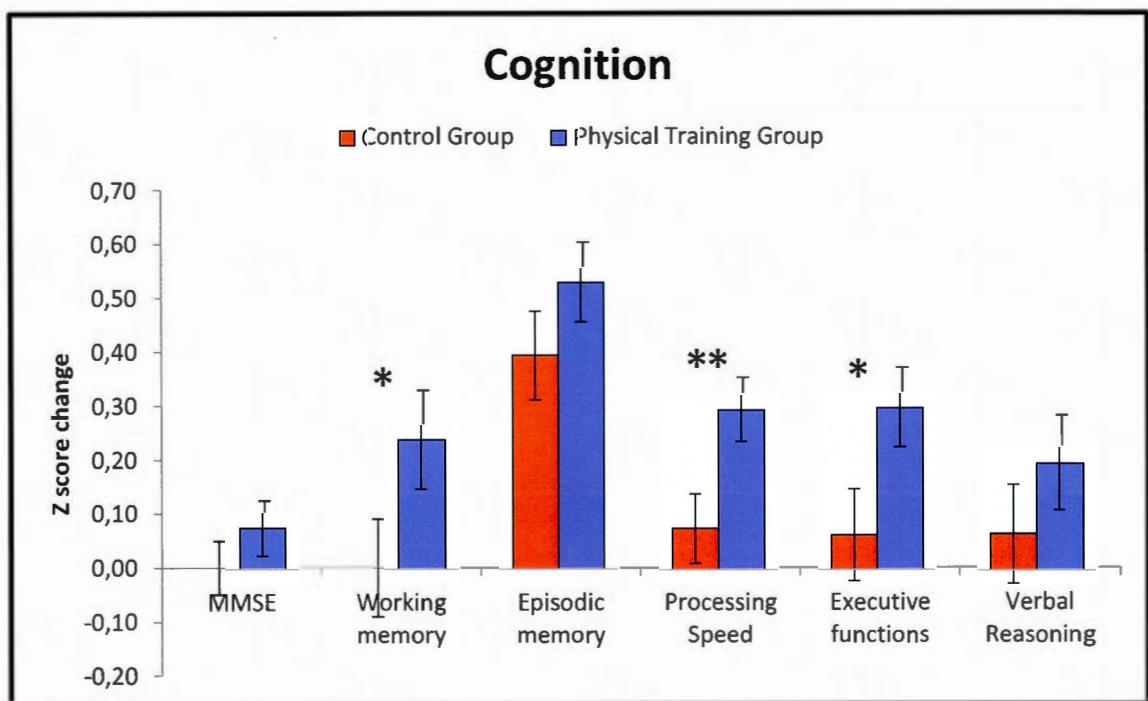


Figure 3.3 - Illustrates the z score change of the training and control groups for all cognitive functions. * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

Quality of Life

A significant main effect of group was observed in Quality of Life, $F(11, 58) = 2.04, p = .04$, due to gains in the training group compared to the control group in global quality of life, $F(1, 68) = 3.97, p = .05$, measures of leisure activities, $F(1, 68)$

= 9.13, $p = .004$, perception of physical capacity, $F(1, 68) = 5.76$, $p = .019$, social/family relationship, $F(1, 68) = 4.41$, $p = .039$, and physical health, $F(1, 68) = 4.40$, $p = .040$. No significant training effects were found for affectivity ($p = .91$), spirituality ($p = .89$), finances ($p = .71$), perception of cognition ($p = .34$), marital satisfaction ($p = .32$), and housekeeping efficacy ($p = .17$).

No group X frailty interaction was found, $F(11, 58) = 0.78$, $p = .66$. When training related improvement was observed, it was equivalent amongst frail and non-frail individuals. Respectively for frail and non-frail elders, pre vs. post-test change in z score were .09 and .30 in global quality of life, .35 and .52 in leisure activities, .44 and .34 in perception of physical capacity, .14 and .35 in social/family relationship, and .27 and .14 in self-perceived physical health.

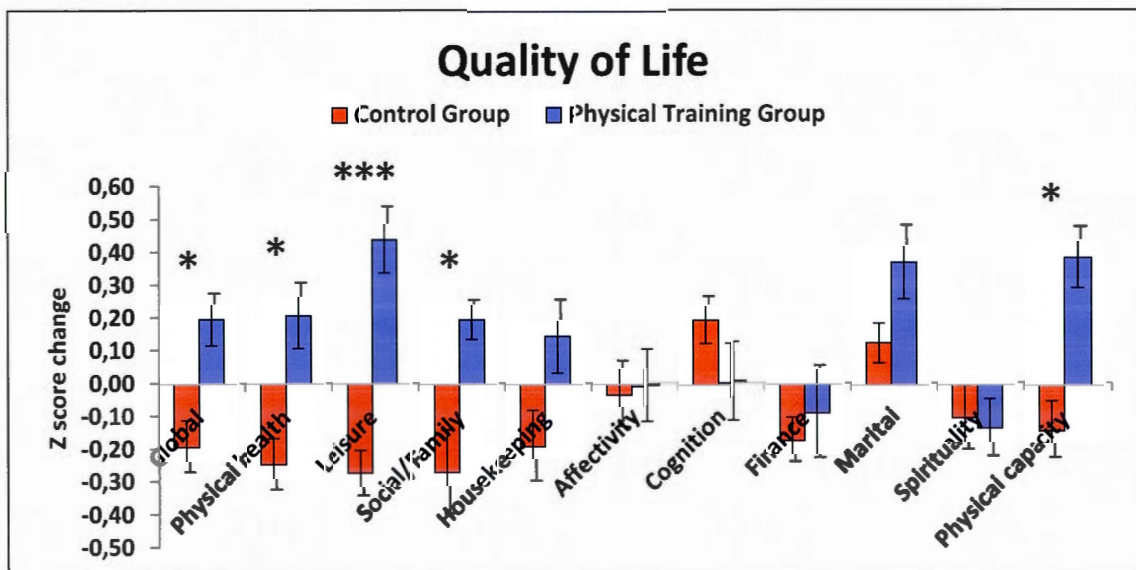


Figure 3.4 - Illustrates the z score change of the training and control groups for all quality of life components. * $p \leq .05$ ** $p \leq .01$ *** $p \leq .001$

3.5. Interpretation

Frail and non-frail older adults completed a three-month physical exercise intervention program that included aerobic, strength, and flexibility exercises. The effects of physical exercise training were assessed by comparing changes in the intervention group with those observed in a control group on three dimensions: physical capacity, cognitive performance, and quality of life. The present study leads to several important findings. First, three months of physical exercise (three times a week) is associated with significant improvement in functional capacity and physical endurance in both frail and non-frail older adults, with slightly larger benefits in frail individuals. Second, cognitive performances were enhanced in executive functioning, processing speed, and working memory after training. Third, self-reported quality of life was enhanced after training with regards to leisure activities, satisfaction with physical capacity, and physical health. Fourth, the psychological and cognitive benefits of the physical training program were equivalent in frail and non-frail older adults.

The positive impacts of physical exercise on physical capacity replicated previous findings that showed benefits of physical training in non-frail (Paterson, Jones et Rice, 2007) and frail older adults (Binder *et al.*, 2002 ; Binder *et al.*, 2005 ; Chin *et al.*, 2008). However, although past studies have shown that physical exercise can improve cognitive functioning in healthy older adults (Angevaren *et al.*, 2008 ; Colcombe et Kramer, 2003 ; Kramer *et al.*, 1999 ; Masley, Roetzheim et Gualtieri,

2009), this study is the first to show that physical exercise training is associated with enhanced cognitive performances in older adults that have been carefully characterized as frail by a geriatric examination. As reported in previous studies with healthy older adults (Colcombe et Kramer, 2003), the benefits observed after training in the present study was larger in executive control functions, processing speed, and working memory. These cognitive functions play a critical role in everyday activities, such as driving a car, preparing a meal, or managing finances (Buchman *et al.*, 2007). Finally, the physical exercise intervention also led to significant benefits in several dimensions of quality of life. Quality of life may be diminished with advancing age, but more specifically when medical problematic are involved (Lin *et al.*, 2011). The results reported here suggest that physical exercise training may help enhance psychological well-being in older adults with chronic medical conditions.

Limitations

The matched control-group design used in the present study allows eliminating confounding factors associated with participants' selection based on very specific inclusion/exclusion criteria and offers the benefit of efficiency by reducing the number of cases required. However, future randomized clinical trials including larger sample sizes are required to confirm the present findings. Moreover, additional studies are needed to understand how physical activity improves cognition and quality of life in frail older adults. Future studies involving medical imaging techniques (e.g., EEG, PET, fMRI, NIRS) may help us understand the mechanisms

by which physical exercise programs impact on cognition and quality of life in older adults.

Studying the impact of physical exercise training intervention in frail older adults is a major issue, as the majority of frail elders are already under a close medical supervision, but their general condition may however worsen over time. Exercise intervention may offer a low cost alternative to health care practitioners in order to enhance patients functioning capacities in everyday life.

Acknowledgments: The authors declare no conflicts of interest. This study was supported by a grant from the Comité Aviser de la Recherche Clinique of the Institut universitaire de gériatrie de Montréal. F.Langlois is supported by a PhD fellowship from the Canadian Institutes of Health Research (CIHR) and L.Bherer is supported by the Canadian Research Chair Program (Tier 2).

3.6. References

- Angevaren, M., G. Aufdemkampe, H. J. Verhaar, A. Aleman et L. Vanhees. 2008. «Physical activity and enhanced fitness to improve cognitive function in older people without known cognitive impairment». *Cochrane Database of Systematic Reviews*, vol. 16, no 3.
- Binder, E. F., K. B. Schechtman, A. A. Ehsani, K. Steger-May, M. Brown, D. R. Sinacore, K. E. Yarasheski et J. O. Holloszy. 2002. «Effects of exercise training on frailty in community-dwelling older adults: results of a randomized, controlled trial». *Journal of the American Geriatric Society*, vol. 50, no 12, p. 1921-1928.

- Binder, E. F., K. E. Yarasheski, K. Steger-May, D. R. Sinacore, M. Brown, K. B. Schechtman et J. O. Holloszy. 2005. «Effects of progressive resistance training on body composition in frail older adults: results of a randomized, controlled trial». *Journal of Gerontology, Biological Sciences and Medical Sciences*, vol. 60, no 11, p. 1425-1431.
- Bohannon, R. W. 1997. «Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20-79 years: reference values and determinants». *Age and Ageing*, vol. 26, no 1, p. 15-19.
- Bohnen, N., J. Jolles et A. Twijnstra. 1992. «Modification of the stroop color word test improves differentiation between patients with mild head injury and matched controls». *Clinical Neuropsychologist*, vol. 6, no 2, p. 178-184. En ligne. <<http://www.informaworld.com/10.1080/13854049208401854>>.
- Brown, M., D. R. Sinacore, E. F. Binder et W. M. Kohrt. 2000. «Physical and performance measures for the identification of mild to moderate frailty». *Journal of Gerontology, Biological Sciences and Medical Sciences*, vol. 55, no 6, p. M350-355.
- Buchman, A. S., P. A. Boyle, R. S. Wilson, Y. Tang et D. A. Bennett. 2007. «Frailty is associated with incident Alzheimer's disease and cognitive decline in the elderly». *Psychosom Med*, vol. 69, no 5, p. 483-489.
- Chin, A. Paw M. J., J. G. van Uffelen, I. Riphagen et W. van Mechelen. 2008. «The functional effects of physical exercise training in frail older people : a systematic review». *Sports Medicine*, vol. 38, no 9, p. 781-793.
- Colcombe, S., et A. F. Kramer. 2003. «Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study». *Psychological Science: a Journal of the American Psychological Society / APS*, vol. 14, no 2, p. 125-130.
- Duquette, R. L., G. Dupuis et J. Perrault. 1994. «A new approach for quality of life assessment in cardiac patients: rationale and validation of the Quality of Life Systemic Inventory». *The Canadian Journal of Cardiology*, vol. 10, no 1, p. 106-112.

- Elavsky, S., E. McAuley, R. W. Motl, J. F. Konopack, D. X. Marquez, L. Hu, G. J. Jerome et E. Diener. 2005. «Physical activity enhances long-term quality of life in older adults: efficacy, esteem, and affective influences». *Annals of Behavioral Medicine: a publication of the Society of Behavioral Medicine*, vol. 30, no 2, p. 138-145.
- Enright, P. L., M. A. McBurnie, V. Bittner, R. P. Tracy, R. McNamara, A. Arnold et A. B. Newman. 2003. «The 6-min walk test: a quick measure of functional status in elderly adults». *Chest*, vol. 123, no 2, p. 387-398.
- Erickson, K. I., M. W. Voss, R. S. Prakash, C. Basak, A. Szabo, L. Chaddock, J. S. Kim, S. Heo, H. Alves, S. M. White, T. R. Wojcicki, E. Mailey, V. J. Vieira, S. A. Martin, B. D. Pence, J. A. Woods, E. McAuley et A. F. Kramer. 2011. «Exercise training increases size of hippocampus and improves memory». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 108, no 7, p. 3017-3022. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=21282661>.
- Folstein, M., Folstein, S.E., McHugh, P.R. 1975. «“Mini-Mental State” a Practical Method for Grading the Cognitive State of Patients for the Clinician». *Journal of Psychiatric Research*, vol. 12, no 3, p. 189-198.
- Fried, L. P., C. M. Tangen, J. Walston, A. B. Newman, C. Hirsch, J. Gottdiener, T. Seeman, R. Tracy, W. J. Kop, G. Burke et M. A. McBurnie. 2001. «Frailty in older adults: evidence for a phenotype». *Journal of Gerontology, Biological Sciences and Medical Sciences*, vol. 56, no 3, p. M146-156.
- Guralnik, J. M., L. Alexih, L. G. Branch et J. M. Wiener. 2002. «Medical and long-term care costs when older persons become more dependent». *American Journal of Public Health*, vol. 92, no 8, p. 1244-1245.
- Kramer, A. F., S. Hahn, N. J. Cohen, M. T. Banich, E. McAuley, C. R. Harrison, J. Chason, E. Vakil, L. Bardell, R. A. Boileau et A. Colcombe. 1999. «Ageing, fitness and neurocognitive function». *Nature*, vol. 400, no 6743, p. 418-419.

- Langlois, F., T.T. Vu, K. Chassé et L. Bherer. 2010. «Selective impacts of frailty on executive functions, speed of processing, and quality of life». *Frontiers in Human Neuroscience. Conference Abstract: The 20th Annual Rotman Research Institute Conference, The frontal lobes*.
- Lekan, D. . 2009. «Frailty and Other Emerging Concepts in Care of the Aged». *Southern Online Journal of Nursing Research*, vol. 9, no 3.
- Lin, C. C., C. I. Li, C. K. Chang, C. S. Liu, C. H. Lin, N. H. Meng, Y. D. Lee, F. N. Chen et T. C. Li. 2011. «Reduced health-related quality of life in elders with frailty: a cross-sectional study of community-dwelling elders in taiwan». *PLoS One*, vol. 6, no 7, p. e21841. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=21747961>.
- Masley, S., R. Roetzheim et T. Gualtieri. 2009. «Aerobic exercise enhances cognitive flexibility». *Journal of Clinical Psychology in Medical Settings*, vol. 16, no 2, p. 186-193.
- Mathiowetz, V., N. Kashman, G. Volland, K. Weber, M. Dowe et S. Rogers. 1985. «Grip and pinch strength: normative data for adults». *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 66, no 2, p. 69-74.
- Paterson, D. H., G. R. Jones et C. L. Rice. 2007. «Ageing and physical activity: evidence to develop exercise recommendations for older adults». *Canadian Journal of Public Health*, vol. 98 Suppl 2, p. S69-108.
- Podsiadlo, D., et S. Richardson. 1991. «The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons». *Journal of the American Geriatric Society*, vol. 39, no 2, p. 142-148.
- Reitan, R. M. 1958. «Validity of the Trail Making Test as an indicator of organic brain damage». *Perceptual and Motor Skills*, vol. 8, p. 271-276.
- Renaud, M., F. Maquestiaux, S. Joncas, M. J. Kergoat et L. Bherer. 2010. «The effect of three months of aerobic training on response preparation in older adults». *Frontiers in Aging Neuroscience*, vol. 2, p. 148.

- Rey, Andre. 1941. «L'examen psychologique dans les cas d'encéphalopathie traumatique». *Archives de Psychologie*, vol. 28, p. 21.
- Rockwood, K., S. E. Howlett, C. MacKnight, B. L. Beattie, H. Bergman, R. Hebert, D. B. Hogan, C. Wolfson et I. McDowell. 2004. «Prevalence, attributes, and outcomes of fitness and frailty in community-dwelling older adults: report from the Canadian study of health and aging». *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, vol. 59, no 12, p. 1310-1317.
- Rockwood, K., X. Song, C. MacKnight, H. Bergman, D. B. Hogan, I. McDowell et A. Mitnitski. 2005. «A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people». *Canadian Medical Association Journal*, vol. 173, no 5, p. 489-495.
- Smith, P. J., J. A. Blumenthal, B. M. Hoffman, H. Cooper, T. A. Strauman, K. Welsh-Bohmer, J. N. Browndyke et A. Sherwood. 2010. «Aerobic exercise and neurocognitive performance: a meta-analytic review of randomized controlled trials». *Psychosomatic Medicine*, vol. 72, no 3, p. 239-252.
- Tabachnick, Barbara G. , et Linda S. Fidell. 2006. *Using Multivariate Statistics (5th Edition)*. Allyn & Bacon, 1008 p.
- Wechsler, David. 1997. *WAIS-III administration and scoring manual, third edition*. The Psychological Corporation, 217 p.
- Yesavage, J. A., T. L. Brink, T. L. Rose, O. Lum, V. Huang, M. Adey et V. O. Leirer. 1982. «Development and validation of a geriatric depression screening scale: a preliminary report». *J Psychiatr Res*, vol. 17, no 1, p. 37-49. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=7183759>.

CHAPITRE IV

ARTICLE 3 - AMÉLIORATION DES PERFORMANCES COGNITIVES ET DE LA QUALITÉ DE VIE APRÈS UN ENTRAÎNEMENT PHYSIQUE CHEZ UNE PATIENTE SÉVÈREMENT FRAGILE

Under review in *La Revue Canadienne du Vieillissement*

*Francis Langlois^{1,2}, Thien Tuong Minh Vu², Kathleen Chassé², Gilles Dupuis^{1,3},
Marie-Jeanne Kergoat² & Louis Bherer^{1,2}*

¹ *Université du Québec à Montréal (UQÀM)*

² *Institut universitaire de gériatrie de Montréal (IUGM)*

³ *Institut de Cardiologie de Montréal*

Corresponding author information: Francis Langlois, Address: CRIUGM, 4545

Queen Mary, Montreal, Quebec, H3W 1W4, telephone number: 1-514-340-2800

(4048), Fax: 1-514- 340-3548, Email: jfkfrancis@yahoo.ca

4.1. Résumé

Des études récentes suggèrent qu'un programme d'entraînement physique peut améliorer significativement les capacités physiques, la cognition, et la santé psychologique des personnes âgées saines. Les programmes d'activité physique semblent également engendrer des bienfaits physiques chez les patients âgés fragiles. Toutefois, à l'heure actuelle, aucune étude n'a évalué les bienfaits cognitifs et psychologiques d'un programme d'entraînement physique chez les aînés sévèrement fragiles. Dans la présente étude, une patiente sévèrement fragile a complété un programme d'entraînement physique adapté de 12 semaines, à raison de trois séances d'une heure par semaine. En comparaison des participants contrôles, les résultats de la patiente sévèrement fragile indiquent une amélioration notable de ses capacités physiques [capacités fonctionnelles], de ses performances cognitives [raisonnement verbal et fonctions exécutives], et de sa qualité de vie [sphère affective et perception des capacités physiques] suite à l'intervention. Ainsi, un programme d'entraînement physique adapté semble permettre non seulement une amélioration des capacités physiques, mais également une augmentation des performances cognitives et de la qualité de vie même chez les patients très fragiles.

Mots-clés : Aînés fragiles, Entraînement physique, Cognition, Qualité de vie, Capacités physiques.

Abstract

Recent studies suggest that physical exercise training can lead to significant improvement in physical capacity, cognitive performance, and psychological well-being in healthy seniors. So far, no study has generalized these results to severely frail older adults. In the present study, a severely frail older woman completed a 12-weeks physical exercise training program in a geriatric care setting. Improvement was assessed in a variety of physical capacity measures, cognitive tests and different aspects of quality of life. Compared to controls, the patient showed improvement in physical capacity [functional capacities], cognitive performances [verbal reasoning and executive functions], and quality of life [affectivity and perception of physical capacity]. In addition to enhance physical capacity, adapted physical exercise training appears to induce positive changes in cognition and psychological well-being in severely frail older adults.

Key words : Frailty, Physical training Intervention, Cognition, Quality of Life,

Physical Fitness.

4.2. Introduction

Avec l'avancée en âge, plusieurs personnes se fragilisent et deviennent davantage à risque de développer des problèmes médicaux, de chuter, d'être fréquemment hospitalisées, et de mourir précocement. Ces aînés « fragiles » présentent une symptomatologie complexe caractérisée par une faiblesse musculaire, une vitesse de marche ralentie, une perte de poids involontaire, ainsi qu'un haut niveau de fatigabilité et de sédentarité (Fried *et al.*, 2001). L'étiologie de la fragilité impliquerait l'interaction de différents facteurs (Walston *et al.*, 2006), tels que la malnutrition et une déficience en vitamine D (Chang *et al.*, 2010), une augmentation des marqueurs de stress oxydant (Serviddio *et al.*, 2009), et un dérèglement neuroendocrinien (Leng *et al.*, 2009). Plusieurs études récentes montrent que la fragilité est véritablement un concept à part entière qui ne peut pas se résumer à la perte d'autonomie ou au vieillissement normal (Bergman *et al.*, 2007 ; Karunanathan S, 2009). La prévalence d'aînés fragiles augmenterait avec l'avancée en âge, affectant 7 % des aînés de 65 à 74 ans, 18 % des 75 à 84 ans, et 37 % des aînés âgés de 85 ans et plus (Rockwood *et al.*, 2004). Il importe de concevoir la fragilité comme faisant partie d'un continuum : plus la fragilité augmente et plus le risque de complications médicales s'accroît parallèlement (Fried *et al.*, 2001 ; RoCHAT *et al.*, 2010 ; Rockwood et Mitnitski, 2007 ; Rockwood *et al.*, 2005).

Plusieurs études récentes suggèrent qu'un programme d'entraînement physique adapté puisse améliorer significativement les capacités physiques, non

seulement chez les aînés sains (Paterson, Jones et Rice, 2007), mais également chez les aînés légèrement ou modérément fragiles (Binder *et al.*, 2002 ; Binder *et al.*, 2005; Brown *et al.*, 2000b ; Chin *et al.*, 2008 ; Langlois *et al.*, 2010a). Toutefois, les résultats sont plus mitigés pour ce qui est des aînés sévèrement fragiles. En effet, certaines études suggèrent des impacts favorables de l'entraînement physique chez des aînés sévèrement fragiles à fort risque de chute, alors que d'autres ne montrent pas de tels effets (e.g., Gill *et al.*, 2002). Selon plusieurs chercheurs, la différence entre ces études résiderait dans l'encadrement et la supervision des entraînements par des spécialistes dans le domaine ; les études ne montrant pas d'amélioration physique ne seraient pas (ou très peu) encadrées (e.g., prescription d'entraînement à domicile), alors que celles montrant des améliorations seraient adaptées et supervisées de façon plus étroite (exercices adaptés et supervisés par un entraîneur qualifié) (e.g., Rose, 2005).

Chez les personnes âgées non fragiles mais sédentaires, plusieurs études suggèrent qu'un programme d'entraînement physique puisse améliorer les performances cognitives (Angevaren *et al.*, 2008 ; Colcombe et Kramer, 2003 ; Etnier *et al.*, 2006 ; Kramer *et al.*, 1999 ; Masley, Roetzheim et Gualtieri, 2009 ; Renaud *et al.*, 2010 ; Smith *et al.*, 2010). L'impact positif sur la cognition serait davantage spécifique que global, améliorant particulièrement les mécanismes associés au contrôle attentionnel (Colcombe et Kramer, 2003 ; Colcombe *et al.*, 2006). Bien que peu d'études se soient intéressées aux effets de l'entraînement physique sur la

cognition des aînés fragiles, une étude récente montre que la vitesse de traitement de l'information, la mémoire de travail, et les fonctions exécutives peuvent s'améliorer après seulement trois mois d'exercice chez les personnes légèrement à modérément fragiles (Langlois *et al.*, 2010a). Toutefois, aucune étude actuelle ne permet de généraliser ces résultats aux patients sévèrement fragiles, qui sont plus à risque d'atteintes cognitives (Avila-Funes *et al.*, 2009 ; Fried *et al.*, 2001 ; Langlois *et al.*, 2010b ; Rochat *et al.*, 2010).

Différentes études suggèrent également qu'une intervention par un programme d'entraînement physique puisse améliorer le bien-être psychologique d'aînés sédentaires non fragiles. Toutefois, aucune étude à ce jour n'a évalué l'impact d'une telle intervention sur la qualité de vie d'aînés sévèrement fragiles. Il importe d'évaluer l'impact psychologique d'un entraînement physique chez cette population, compte tenu d'études récentes qui montrent que plus la fragilité est sévère, plus le nombre de symptômes dépressifs risque d'être élevé (e.g., Rochat *et al.*, 2010).

Ainsi, l'objectif de cette étude est d'évaluer l'impact d'un programme d'entraînement physique adapté sur les capacités physiques d'une aînée sévèrement fragile, en plus d'évaluer les impacts cognitifs et psychologiques d'un tel programme d'intervention. Cette étude de cas est exploratoire. Advenant des bénéfices chez cette patiente, d'autres études suivront afin de voir si les améliorations objectivées peuvent également se généraliser à de plus grands groupes d'individus.

4.3. Méthode

Participants

Cas clinique. Mme OB est une dame âgée de 78 ans, souffrant de diverses problématiques médicales, notamment d'arthrose, de douleurs articulaires, d'une hernie discale, ainsi que d'une scoliose. Elle a été admise à l'Institut universitaire de gériatrie de Montréal après avoir chuté à son domicile. Malgré son retour à domicile prévu, le personnel médical identifie que Mme OB est à risque de chuter à nouveau, puisqu'elle souffre d'une faiblesse musculaire généralisée aux membres inférieurs et supérieurs, qu'elle se sent constamment fatiguée, et qu'elle a chuté plusieurs fois durant la dernière année. Mme OB se déplace à l'aide d'une cane. Le score de Mme OB au *Physical Performance Test modified* (PPT) est de 14/36, ce qui correspond à un état de fragilité physique sévère.

Groupe contrôle. Les trois participants sélectionnés dans le groupe contrôle (sans intervention) sont tous comparables à Mme OB pour ce qui est de l'âge, du niveau de scolarité et de l'état de fragilité physique sévère (moyenne de 14/36 au PPT). Ce groupe contrôle permet de comparer les changements de performances (Post-Pré) observés chez Mme OB au simple effet test-retest, afin d'isoler les effets propres à l'intervention (effet d'évaluation répétée d'une même mesure ou amélioration plus importante de Mme OB). Le tableau 4.1 résume les caractéristiques socio-démographiques des participants.

Tableau 4.1 Caractéristiques socio-démographiques de Mme OB et du groupe contrôle.

Caractéristiques	Mme OB	Groupe Contrôle (n=3)
Âge	78	77
Scolarité (années)	16	15
<i>Mini Mental State Examination</i>	29/30	29/30
<i>Physical Performance Test</i>	14/36	14/36

Intervention. Le programme d'entraînement impliquait 12 semaines d'activités physiques, à raison de trois séances d'une heure par semaine. Chacune des séances étaient composées d'exercices de type aérobie (30 minutes), musculaire (20 minutes), et de flexibilité (10 minutes). Le programme d'intervention était adapté aux capacités physiques de Mme OB et dispensé par un kinésiologue et un physiothérapeute.

Mesures

Le cas clinique à l'étude ainsi que les trois participants contrôles ont été évalués une semaine avant et une semaine après 12 semaines (d'intervention ou d'absence d'intervention). Trois sessions d'une heure ont été nécessaires pour évaluer sur trois journées différentes les capacités physiques, le fonctionnement cognitif, et la qualité de vie de tous les participants.

Capacités physiques. Plusieurs tests ont été utilisés pour mesurer différentes composantes physiques, notamment les capacités fonctionnelles (*Modified Physical*

Performance Test) (Brown *et al.*, 2000a), la force musculaire (*Hand-held dynamometer*) (Mathiowetz *et al.*, 1985), l'endurance physique (*Six-Minute Walk Test*) (Enright *et al.*, 2003), la mobilité (*Timed up and Go Test*) (Podsiadlo et Richardson, 1991), ainsi que la vitesse de marche (marche sur 10 mètres à vitesse maximale) (Bohannon, 1997).

Cognition. L'évaluation de la cognition a porté sur quatre domaines cognitifs distincts : 1) la vitesse de traitement de l'information [score composite du Traçage de piste A (Reitan, 1958), Stroop dénomination des couleurs et lecture (Bohnen, Jolles et Twijnstra, 1992), et Substitution de symboles du WAIS III (Wechsler, 1997)], 2) la mémoire de travail [score composite du sous-test Empan de chiffre et Séquence lettre-chiffre du WAIS-III (Wechsler, 1997)], 3) les fonctions exécutives [score composite du Traçage de piste B moins le Traçage de piste A (Reitan, 1958), du Stroop inhibition et alternance moins la moyenne des conditions dénomination de couleurs et lecture (Bohnen, Jolles et Twijnstra, 1992)], et 4) le raisonnement verbal [score du sous-test Similitudes du WAIS III (Wechsler, 1997)].

Qualité de vie. L'Inventaire Systémique de la Qualité de Vie (ISQV) (Duquette, Dupuis et Perrault, 1994) a été utilisé pour évaluer la qualité de vie. Ce questionnaire permet d'estimer la qualité de vie globale des individus, à partir de l'évaluation subjective de leur capacité à atteindre leurs objectifs dans différents domaines de leur vie (sommeil, spiritualité, mémoire, etc.). Huit sous-échelles sont déduites des différents domaines évalués: la santé physique, les activités de loisirs, les

relations sociales et familiales, l'entretien ménager, l'affectivité, la cognition, les finances, et la spiritualité. Un module spécifique a été ajouté pour les fins de la présente étude, questionnant l'autoévaluation des participants vis-à-vis différentes composantes physiques: le niveau d'énergie quotidien, la force musculaire, l'endurance physique, l'équilibre, et la flexibilité.

Analyses statistiques

Étant donné les différences multidimensionnelles possibles entre les participants et afin de permettre une comparaison des différentes mesures sur une même échelle, des scores z de performance ont été calculés en soustrayant le score individuel brut à la *moyenne* de tous les participants (pré et post combinés), divisé par l'*écart-type* de tous les participants (pré et post combinés). L'utilisation du score z est une approche statistique fort utilisée afin d'analyser différents résultats sur une échelle commune (Howell, 2006 ; Tabachnick et Fidell, 2006). Afin d'évaluer les impacts réels de l'intervention, le score z de changement de Mme OB (score z post – score z pré) fut comparé au score z de changement du groupe contrôle (score z post – score z pré). L'objectif de calculer un score z de changement pour le groupe contrôle était d'enlever la part d'effet attribuable à l'utilisation répétée d'une même mesure (en pré et en post) chez un même participant (effet test-retest). Les figures 4.1 (mesures physiques), 4.2 (mesures cognitives), et 4.3 (mesures psychologiques) illustrent le score z de changement de Mme OB, celui du groupe contrôle, et les

impacts réels de l'entraînement physique (score z de changement de Mme OB – le score z de changement du groupe contrôle).

4.4. Résultats

Capacités physiques

Comparativement au groupe contrôle, Mme OB s'est améliorée de façon notable essentiellement aux sous-tests évaluant les capacités fonctionnelles (score z de changement reflétant les impacts réels de l'intervention = 1.40). Les performances de Mme OB déclinent moins en post-test comparativement à celles des participants contrôles pour les mesures de vitesse de marche, d'endurance physique, et de force physique, sans toutefois s'améliorer de façon significative.

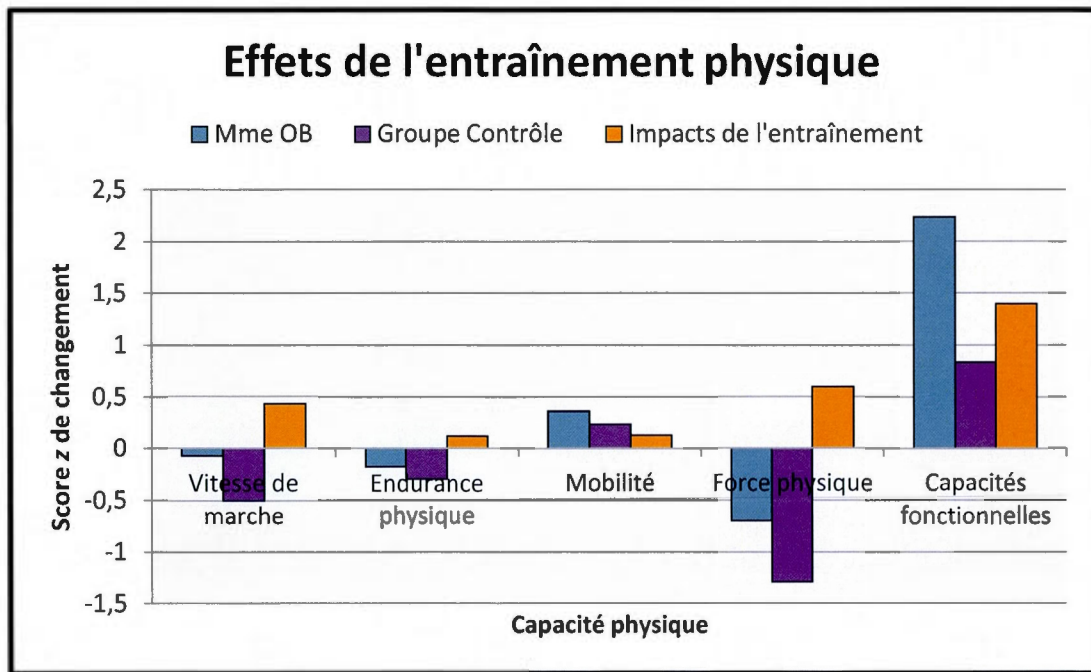


Figure 4.1 - Score z de changement de Mme OB et du groupe contrôle sur l'ensemble des mesures physiques.

Cognition

Comparativement au groupe contrôle, Mme OB s'est améliorée de façon notable aux sous-tests évaluant les fonctions exécutives (score z de changement reflétant les impacts réels de l'intervention = 1.58), ainsi que le raisonnement verbal (score z de changement reflétant les impacts réels de l'intervention = 1.23). Aucun bénéfice significatif n'a été observé sur le plan de la vitesse de traitement de l'information et de la mémoire de travail.

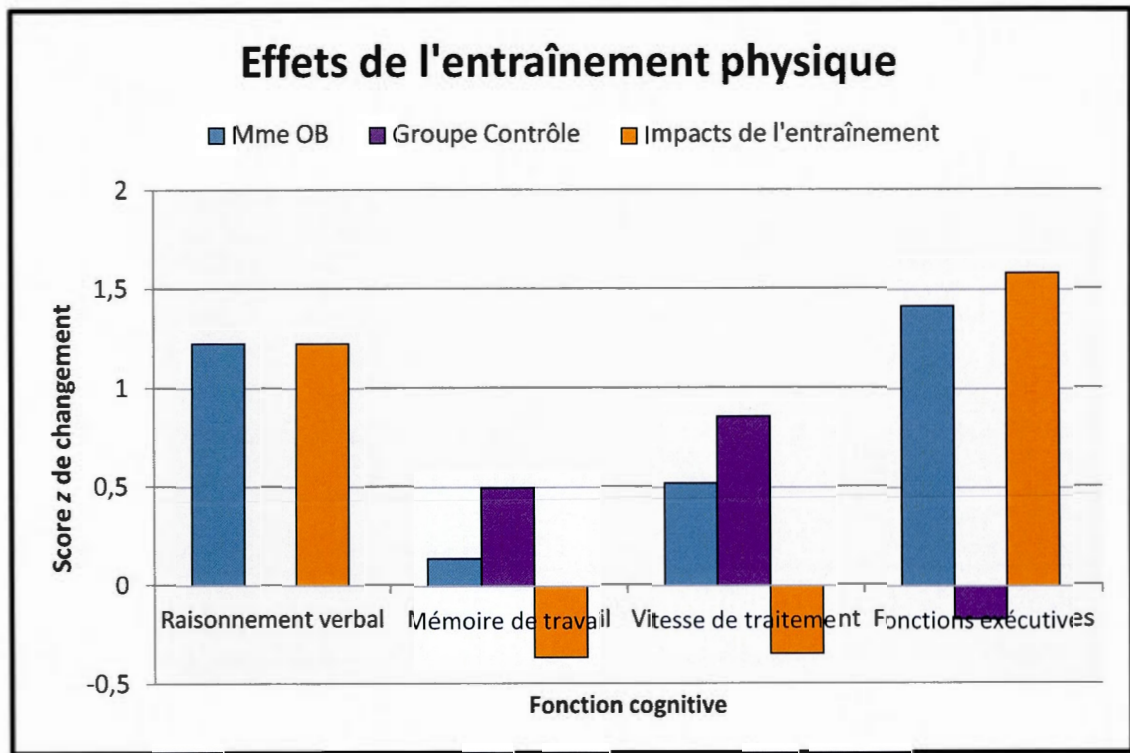


Figure 4.2 - Score z de changement de Mme OB et du groupe contrôle sur l'ensemble des mesures cognitives.

La qualité de vie

Comparativement au groupe contrôle, Mme OB a perçu des changements bénéfiques sur sa qualité de vie, essentiellement en raison de changements positifs sur le plan affectif (score z de changement reflétant les impacts réels de l'intervention = 0.75), et sur sa perception de ses capacités physiques (score z de changement reflétant les impacts réels de l'intervention = 2.23).

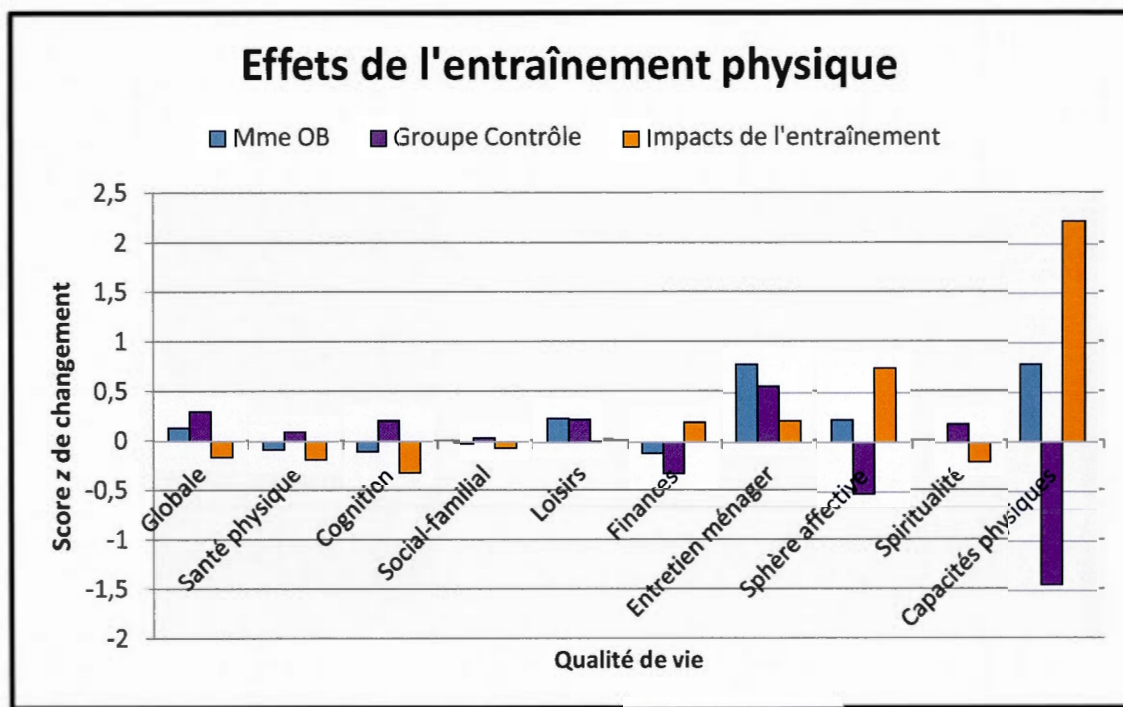


Figure 4.3 - Score z de changement de Mme OB et du groupe contrôle sur l'ensemble des dimensions de la qualité de vie.

4.5. Discussion

L'objectif de cette étude était d'évaluer les impacts physiques, cognitifs, et psychologiques d'un programme d'entraînement physique adapté chez une patiente sévèrement fragile. Trois participants contrôles appariés en fonction de l'âge, de la scolarité, et de l'état de fragilité sévère ont permis de soustraire l'effet d'utilisation répétée d'une même mesure.

Cette étude de cas clinique permet de tirer des conclusions importantes. Tout d'abord, les résultats suggèrent qu'il est possible d'améliorer de façon importante certaines capacités physiques par un programme d'entraînement physique chez une patiente très sévèrement fragile, tout particulièrement les capacités fonctionnelles. Alors que les bénéfices physiques de ce type d'intervention étaient mitigés chez les aînés sévèrement fragiles, cette étude appuie la potentialité, tel que le suggère Rose (2005), d'un impact physique favorable lorsque l'entraînement est supervisé et adapté par des professionnels. Ce type d'encadrement s'avère nécessaire dans les premiers temps de l'intervention, notamment parce que cette population a des limitations physiques particulières et qu'elle est fortement à risque de problématiques diverses (chutes, blessures, etc.).

Ensuite, cette étude suggère une amélioration de certains processus cognitifs spécifiques, tout particulièrement le raisonnement verbal et les fonctions exécutives. Les impacts bénéfiques de l'intervention physique sur les fonctions exécutives de

Mme OB sont cohérents avec ceux observés dans la littérature impliquant les personnes âgées saines, notamment dans la méta-analyse de Colcombe et Kramer (2003). Les impacts positifs de l'entraînement physique sur les fonctions exécutives sont susceptibles d'améliorer des mécanismes cognitifs couramment utilisés dans la vie quotidienne, notamment la planification et l'organisation (e.g., préparer une recette de cuisine), l'inhibition de réponses inappropriées (e.g., éviter de toucher le rond de la cuisinière lorsqu'il est encore chaud), et de faire deux choses simultanément (e.g., parler en même temps que conduire la voiture).

Enfin, cette recherche suggère également que l'intervention par l'entraînement physique peut avoir un impact bénéfique sur la qualité de vie des personnes âgées sévèrement fragiles, essentiellement par un effet spécifique sur la sphère affective (estime de soi, moral) et la perception des capacités physiques (énergie, force musculaire, endurance physique, équilibre, et flexibilité). Par conséquent, cette étude est la première à montrer un impact favorable de l'entraînement physique sur plusieurs facettes du bien-être psychologique d'une personne sévèrement fragile.

Néanmoins, il est important de noter que cette étude clinique est exploratoire et qu'ainsi, elle se doit d'être répliquée avec une plus grande taille d'échantillon afin de pouvoir généraliser les résultats observés. Également, il serait pertinent d'évaluer si le fait de prolonger la période d'entraînement peut permettre d'augmenter les bénéfices observés par l'intervention, que ce soit sur le plan physique, cognitif, ou psychologique. Par exemple, est-ce que le fait de faire un entraînement d'une durée

de six mois plutôt que de trois mois pourrait permettre d'augmenter de façon significative la vitesse de marche ou la vitesse de traitement de l'information d'une personne sévèrement fragile? Les études futures permettront d'apporter des éléments de réponse à ces questions.

Points clés

- Un programme d'entraînement physique adapté et étroitement supervisé peut engendrer une amélioration des capacités fonctionnelles chez une personne âgée sévèrement fragile.
- Une telle intervention peut aussi entraîner des impacts cognitifs positifs, notamment sur le plan du raisonnement verbal et des fonctions exécutives.
- L'entraînement physique peut avoir un impact bénéfique sur la qualité de vie d'une personne sévèrement fragile, par un effet spécifique sur la sphère affective et la perception des capacités physiques.

4.6. Conclusion

Cette étude de cas clinique suggère qu'un programme d'entraînement physique adapté puisse induire des changements appréciables même chez une personne très sévèrement fragile. D'autres études doivent suivre afin de pouvoir généraliser ces résultats. Dans des études subséquentes, il pourrait être intéressant d'utiliser différentes méthodes d'intervention de façon individuelle et combinée

auprès de cette population afin d'en évaluer leur efficacité (e.g., nutritionnelle, pharmacologique, stimulation intellectuelle, etc.).

Remerciements

Cette recherche a été appuyée par une subvention du Comité Aviseur de la Recherche Clinique de l'IUGM (CAREC), les Instituts de Recherche en Santé du Canada (IRSC) et le Fonds de la recherche en Santé du Québec (FRSQ).

4.7. Références

- Angevaren, M., G. Aufdemkampe, H. J. Verhaar, A. Aleman et L. Vanhees. 2008. «Physical activity and enhanced fitness to improve cognitive function in older people without known cognitive impairment». *Cochrane Database Syst Rev*, no 3, p. CD005381.
- Avila-Funes, J. A., H. Amieva, P. Barberger-Gateau, M. Le Goff, N. Raoux, K. Ritchie, I. Carriere, B. Tavernier, C. Tzourio, L. M. Gutierrez-Robledo et J. F. Dartigues. 2009. «Cognitive impairment improves the predictive validity of the phenotype of frailty for adverse health outcomes: the three-city study». *Journal of the American Geriatric Society*, vol. 57, no 3, p. 453-461.
- Bergman, H., L. Ferrucci, J. Guralnik, D. B. Hogan, S. Hummel, S. Karunanathan et C. Wolfson. 2007. «Frailty: an emerging research and clinical paradigm--issues and controversies». *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, vol. 62, no 7, p. 731-737.
- Binder, E. F., K. B. Schechtman, A. A. Ehsani, K. Steger-May, M. Brown, D. R. Sinacore, K. E. Yarasheski et J. O. Holloszy. 2002. «Effects of exercise training on frailty in community-dwelling older adults: results of a randomized, controlled trial». *J Am Geriatr Soc*, vol. 50, no 12, p. 1921-1928.

- Binder, E. F., K. E. Yarasheski, K. Steger-May, D. R. Sinacore, M. Brown, K. B. Schechtman et J. O. Holloszy. 2005. «Effects of progressive resistance training on body composition in frail older adults: results of a randomized, controlled trial». *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, vol. 60, no 11, p. 1425-1431.
- Bohannon, R. W. 1997. «Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20-79 years: reference values and determinants». *Age Ageing*, vol. 26, no 1, p. 15-19.
- Bohnen, N., J. Jolles et A. Twijnstra. 1992. «Modification of the stroop color word test improves differentiation between patients with mild head injury and matched controls». *Clinical Neuropsychologist*, vol. 6, no 2, p. 178-184. En ligne. <<http://www.informaworld.com/10.1080/13854049208401854>>.
- Brown, M., D. R. Sinacore, E. F. Binder et W. M. Kohrt. 2000a. «Physical and performance measures for the identification of mild to moderate frailty». *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, vol. 55, no 6, p. M350-355.
- Brown, M., D. R. Sinacore, A. A. Ehsani, E. F. Binder, J. O. Holloszy et W. M. Kohrt. 2000b. «Low-intensity exercise as a modifier of physical frailty in older adults». *Arch Phys Med Rehabil*, vol. 81, no 7, p. 960-965.
- Chang, C. I., D. C. Chan, K. N. Kuo, C. A. Hsiung et C. Y. Chen. 2010. «Vitamin D insufficiency and frailty syndrome in older adults living in a Northern Taiwan community». *Arch Gerontol Geriatr*, vol. 50 Suppl 1, p. S17-21.
- Chin, A. Paw M. J., J. G. van Uffelen, I. Riphagen et W. van Mechelen. 2008. «The functional effects of physical exercise training in frail older people : a systematic review». *Sports Med*, vol. 38, no 9, p. 781-793.
- Colcombe, S. J., K. I. Erickson, P. E. Scalf, J. S. Kim, R. Prakash, E. McAuley, S. Elavsky, D. X. Marquez, L. Hu et A. F. Kramer. 2006. «Aerobic exercise training increases brain volume in aging humans». *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, vol. 61, no 11, p. 1166-1170.

- Colcombe, S., et A. F. Kramer. 2003. «Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study». *Psychol Sci*, vol. 14, no 2, p. 125-130.
- Duquette, R. L., G. Dupuis et J. Perrault. 1994. «A new approach for quality of life assessment in cardiac patients: rationale and validation of the Quality of Life Systemic Inventory». *Can J Cardiol*, vol. 10, no 1, p. 106-112.
- Enright, P. L., M. A. McBurnie, V. Bittner, R. P. Tracy, R. McNamara, A. Arnold et A. B. Newman. 2003. «The 6-min walk test: a quick measure of functional status in elderly adults». *Chest*, vol. 123, no 2, p. 387-398.
- Etnier, J. L., P. M. Nowell, D. M. Landers et B. A. Sibley. 2006. «A meta-regression to examine the relationship between aerobic fitness and cognitive performance». *Brain Res Rev*, vol. 52, no 1, p. 119-130.
- Fried, L. P., C. M. Tangen, J. Walston, A. B. Newman, C. Hirsch, J. Gottdiener, T. Seeman, R. Tracy, W. J. Kop, G. Burke et M. A. McBurnie. 2001. «Frailty in older adults: evidence for a phenotype». *Journal of Gerontology, Biological Sciences and Medical Sciences*, vol. 56, no 3, p. M146-156.
- Gill, T. M., D. I. Baker, M. Gottschalk, P. N. Peduzzi, H. Allore et A. Byers. 2002. «A program to prevent functional decline in physically frail, elderly persons who live at home». *The New England Journal of Medicine*, vol. 347, no 14, p. 1068-1074.
- Howell, David c. 2006. *Statistical Methods for Psychology* Wadsworth Publishing, 768 p.
- Karunanathan S, Bergman H, Vedel I, Retornaz F 2009. «Frailty: Searching for a relevant clinical and research paradigm». *Revue de Medecine Interne*, vol. 30, no 2, p. 105-109.
- Kramer, A. F., S. Hahn, N. J. Cohen, M. T. Banich, E. McAuley, C. R. Harrison, J. Chason, E. Vakil, L. Bardell, R. A. Boileau et A. Colcombe. 1999. «Ageing, fitness and neurocognitive function». *Nature*, vol. 400, no 6743, p. 418-419.

- Langlois, F. , T.T.M. Vu, K. Chassé; G. Dupuis, M.J. Kergoat et L. Bherer. 2010a. «Physical Activity Intervention for Frail Older Adults: Specific Impacts on Executive Functions, Working Memory, and Quality of Life». In *Cognitive Aging Conference, April 15-18*. (Atlanta, Georgia), sous la dir. de. Atlanta, Georgia.
- Langlois, F., T.T. Vu, K. Chassé et L. Bherer. 2010b. «Selective impacts of frailty on executive functions, speed of processing, and quality of life». *Frontiers in Human Neuroscience. Conference Abstract: The 20th Annual Rotman Research Institute Conference, The frontal lobes*.
- Leng, S. X., W. Hung, A. R. Cappola, Q. Yu, Q. L. Xue et L. P. Fried. 2009. «White blood cell counts, insulin-like growth factor-1 levels, and frailty in community-dwelling older women». *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, vol. 64, no 4, p. 499-502.
- Masley, S., R. Roetzheim et T. Gualtieri. 2009. «Aerobic exercise enhances cognitive flexibility». *J Clin Psychol Med Settings*, vol. 16, no 2, p. 186-193.
- Mathiowetz, V., N. Kashman, G. Volland, K. Weber, M. Dowe et S. Rogers. 1985. «Grip and pinch strength: normative data for adults». *Arch Phys Med Rehabil*, vol. 66, no 2, p. 69-74.
- Paterson, D. H., G. R. Jones et C. L. Rice. 2007. «Ageing and physical activity: evidence to develop exercise recommendations for older adults». *Can J Public Health*, vol. 98 Suppl 2, p. S69-108.
- Podsiadlo, D., et S. Richardson. 1991. «The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons». *J Am Geriatr Soc*, vol. 39, no 2, p. 142-148.
- Reitan, R. M. 1958. «Validity of the Trail Making Test as an indicator of organic brain damage». *Perceptual and Motor Skills*, vol. 8, p. 271-276.
- Renaud, M., F. Maquestiaux, S. Joncas, M. J. Kergoat et L. Bherer. 2010. «The effect of three months of aerobic training on response preparation in older adults». *Frontiers in Aging Neuroscience*, vol. 2, p. 148.

- Rochat, S., R. G. Cumming, F. Blyth, H. Creasey, D. Handelsman, D. G. Le Couteur, V. Naganathan, P. N. Sambrook, M. J. Seibel et L. Waite. 2010. «Frailty and use of health and community services by community-dwelling older men: the Concord Health and Ageing in Men Project». *Age and Ageing*, vol. 39, no 2, p. 228-233.
- Rockwood, K., S. E. Howlett, C. MacKnight, B. L. Beattie, H. Bergman, R. Hebert, D. B. Hogan, C. Wolfson et I. McDowell. 2004. «Prevalence, attributes, and outcomes of fitness and frailty in community-dwelling older adults: report from the Canadian study of health and aging». *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, vol. 59, no 12, p. 1310-1317.
- Rockwood, K., et A. Mitnitski. 2007. «Frailty in relation to the accumulation of deficits». *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, vol. 62, no 7, p. 722-727.
- Rockwood, K., X. Song, C. MacKnight, H. Bergman, D. B. Hogan, I. McDowell et A. Mitnitski. 2005. «A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people». *Canadian Medical Association Journal*, vol. 173, no 5, p. 489-495.
- Rose, Debra J. 2005. *The role of physical activity in the prevention of falls in older age In Falls free: Promoting a national falls prevention action plan research review papers*. Washington, DC: National Council on Aging p. 1-20.
- Serviddio, G., A. D. Romano, A. Greco, T. Rollo, F. Bellanti, E. Altomare et G. Vendemiale. 2009. «Frailty syndrome is associated with altered circulating redox balance and increased markers of oxidative stress». *Int J Immunopathol Pharmacol*, vol. 22, no 3, p. 819-827.
- Smith, P. J., J. A. Blumenthal, B. M. Hoffman, H. Cooper, T. A. Strauman, K. Welsh-Bohmer, J. N. Browndyke et A. Sherwood. 2010. «Aerobic exercise and neurocognitive performance: a meta-analytic review of randomized controlled trials». *Psychosom Med*, vol. 72, no 3, p. 239-252.
- Tabachnick, Barbara G. , et Linda S. Fidell. 2006. *Using Multivariate Statistics (5th Edition)*. Allyn & Bacon, 1008 p.

Walston, J., E. C. Hadley, L. Ferrucci, J. M. Guralnik, A. B. Newman, S. A. Studenski, W. B. Ershler, T. Harris et L. P. Fried. 2006. «Research agenda for frailty in older adults: toward a better understanding of physiology and etiology: summary from the American Geriatrics Society/National Institute on Aging Research Conference on Frailty in Older Adults». *J Am Geriatr Soc*, vol. 54, no 6, p. 991-1001.

Wechsler, David. 1997. *WAIS-III administration and scoring manual, third edition*. The Psychological Corporation, 217 p.

CHAPITRE V

ARTICLE 4 - CAN WE EXPECT ANY BENEFIT FROM PHYSICAL EXERCISE TRAINING IN SEVERELY FRAIL GERIATRIC PATIENTS?

To be submitted...

*Francis Langlois^{1,3}, Monique Saint-Martin^{2, 3}, Louise Fugère³, Paola Campana³,
Kathleen Chassé³, Catherine Genest³, Louis Bherer^{1,3}*

¹ *Université du Québec à Montréal (UQAM)*

² *Centre Hospitalier de l'Université de Montréal (CHUM)*

³ *Institut universitaire de gériatrie de Montréal (IUGM)*

Corresponding author information: Francis Langlois, Address: CRIUGM, 4545

Queen Mary, Montreal, Quebec, H3W 1W4, telephone: 1-514-340-2800 (4048), Fax:

1-514- 340-3548, Email: jfkfrancis@yahoo.ca.

5.1. Abstract

After discharge from a geriatric day hospital, frail elderly patients remain at risk of functional decline. Recent studies suggest that physical exercise training can improve physical capacity and cognition in normal older adults. However, whether such improvements can be observed in severely frail geriatric patients remain understudied. The present study assessed the impacts of a 12-week physical exercise-training program on physical capacity and cognition in frail elderly patients prior to discharge from day hospital. Fourteen patients ($M = 84.29$ years old) completed physical and cognitive tests before and after the intervention. The fitness program included aerobic, strength, and flexibility exercises twice a week. The study was conducted in a gymnasium facility dedicated to research with seniors in a geriatric hospital and involved a multidisciplinary team of health care professionals composed of a geriatrician, a physiotherapist, and a neuropsychologist. Results show improvements in balance (Berg), mobility (TUG), gait speed, and strength (Sit-to-Stand) ($ps < .05$). Effects size analyses showed improvements on neuropsychological tests of processing speed, executive functions, episodic memory, and global functioning, although none of them reached statistical significance. Even though the absence of a control group precludes definitive conclusions, these results suggest that physical activity is a promising approach in order to enhance physical capacities and potentially cognitive functions in severely frail geriatric patients prior to their discharged from a day hospital care.

5.2. Introduction

Severely frail patients who are discharged from a geriatric day hospital may still be at risk of falls and functional decline. Several studies showed that physical exercise training can enhance physical and cognitive capacities in healthy older adults (Colcombe *et al.*, 2003 ; Renaud *et al.*, 2010 ; Rolland, Abellan van Kan et Vellas, 2010). A recent study suggests that exercise training intervention can also lead to improved cognitive and physical performances in mildly and moderately frail older adults (Langlois *et al.*). Physical exercise intervention might then be used as a rehabilitation approach to help reduce potential post-hospitalization complications in very frail older adults. However, whether such intervention can be effectively implemented with severely frail geriatric patients in clinical setting remains to be documented.

Frailty is generally conceptualized on a continuum (Brown *et al.*, 2000 ; Fried *et al.*, 2001 ; Rockwood et Mitnitski, 2007). Severely frail patients are usually excluded from regular physical exercise studies due to the complexity and heterogeneity of their medical conditions (i.e., cognitive deficits and/or dementia, major cardiovascular risk factors, musculoskeletal limitations, etc.) which require a great deal of personnel resources. Unfortunately, severely frail patients are the most at risk of further medical complications and mortality (Bergman *et al.*, 2007 ; Drey *et al.*, 2010).

The aim of this study was to assess the impacts of a 12-week physical training program on physical capacities and cognition in severely frail geriatric patients, just before being discharged from day hospital.

5.3. Methods

Participants

Fourteen patients completing their hospitalization program at the day hospital of the Montreal Geriatric Institute were offered to participate in this study. Reasons for being admitted at first at the day hospital were heterogeneous: problematic of falls, deconditioning, post-stroke rehabilitation, progressive loss of autonomy, and cognitive deficits or dementia. All participants completed a physical capacity and cognitive functioning examination one-week before and one-week after a 12-week physical exercise intervention program. Table 5.1 shows a brief description of participants.

Table 5.1 Descriptive characteristics of the participants included in this study.

Participant characteristics (Mean \pm Standard Deviation)	
Mean age	84,29 \pm 1,50
Female, n (%)	13 (92.9)
Years of education	12,82 \pm 1.08
Barthel (/100)(Mahoney et Barthel, 1965)	96,36 \pm 6,25

OARS (/14)	10,36 \pm 2,31
Geriatric Depression Scale (/15)	4,67 \pm 2,42
Frailty index (%) (Rockwood <i>et al.</i> , 2005)	22,64 \pm 9,68
Days of hospitalization before the intervention	106,5 \pm 65,17

Physical exercise intervention

The physical exercise-training program consisted of 12 weeks of 90 minutes aerobic, strength, and flexibility exercise sessions, held two days per week (see Table 5.2 for a complete description of a typical exercise session). Multi-component training was chosen because this type of intervention has been shown to be highly appropriate to improve physical capacity in frail older adults (Chin *et al.*, 2008). The intensity and duration of aerobic exercises were increased gradually on an individual basis, using the Borg Rating of Perceived Exertion (RPE) scale. Participants were asked to adjust their perceived effort to moderate to hard intensity. A certified physiotherapist led each session in a gymnasium specially equipped for a geriatric population. Training was conducted with subgroups of three to five participants to ensure adequate supervision.

Table 5.2 Typical exercise session of the fitness program held two times per week for 12-weeks.

<u>Components targeted during session and time duration</u>	<u>Types of activity or exercise</u>
Information capsules : 20 minutes	<ul style="list-style-type: none"> - Fall prevention - Shoes, environment - Medication, Pathologies (orthostatic hypotension, osteoporosis) - Transfers, Getting up from a fall
Warm-up : 10 minutes	<ul style="list-style-type: none"> - Obstacle course with stairs, inclines, unstable surfaces - Endurance walking without obstacles - Walking outdoors
Static standing balance : 10 minutes	<ul style="list-style-type: none"> - Feet together - Eyes closed - Tandem, standing on one leg
Semi-dynamic standing balance : 10 minutes	<ul style="list-style-type: none"> - Tai-Chi - Reaching - Trunk and limb movements
Dynamic standing balance : 10 minutes	<ul style="list-style-type: none"> - Walking sideways, backwards - Sideways braiding, walking on mat - Tandem walking, heel/toe
Strengthening exercises (standing) : 10 minutes	<ul style="list-style-type: none"> - Lower extremity active strengthening - Sit to stand
Strengthening exercises (sitting) : 5 minutes	<ul style="list-style-type: none"> - Abdominals - Upper extremity strengthening (on occasion)
Cardiorespiratory fitness : 10 minutes	<ul style="list-style-type: none"> - Stationary bicycle - NuStep (on occasion)
Stretching (sitting) : 5 minutes	<ul style="list-style-type: none"> - Trunk and limbs

Measures

Participants underwent all pre-test and post-test assessments within one week before and after the 12-week training period. They were assessed for physical capacity and cognition over two sessions with the same sequence of testing for all participants. Patients were given at least one day of rest between each session.

Physical Capacity. Strength was assessed with the hand-held dynamometer (Mathiowetz *et al.*, 1985) and the sit-to-stand test (Bohannon, 1995). Mobility was measured with the Timed up and go Test (Podsiadlo et Richardson, 1991). The Berg test (Bogle Thorbahn et Newton, 1996 ; Steffen, Hacker et Mollinger, 2002) was used to assess balance. Physical endurance was measured with the Six-Minute Walk Test (Enright *et al.*, 2003). Gait speed was assessed at comfortable and maximum walking speed (Bohannon, 1997).

Cognition. Global cognitive functioning was assessed with the Mini Mental State Examination (Folstein, 1975). Abstract verbal reasoning was measured with the Similarity subtest of the Wechsler Adult Intelligence Scale (WAIS-III)(Wechsler, 1997). Processing speed was measured with the Trail Making Test (TMT) A (Reitan, 1958) and the Digit Symbol Substitution Test (DSST) (Wechsler, 1997). Working memory was assessed with the Digit Span (Wechsler, 1997). The Rey Auditory Verbal Learning Test (Rey, 1941) served to assess episodic memory. Executive functions was measured with the Modified Stroop Inhibition and Flexibility

conditions (Bohnen, Jolles et Twijnstra, 1992), Verbal Fluency of the D-KEFS (Delis, Kaplan et Kramer, 2001), and the Trail Making Test B (Reitan, 1958).

Statistical Analyses

Pre/post performances were analyzed using a repeated measures analysis of variance and were considered significant at a level of $p < .05$. Analyses were performed with SPSS statistical software, version 16.0 (SPSS Inc., Chicago, IL). Moreover, for each physical and cognitive measure, effect sizes were computed using Cohen's $d = M_{pre} - M_{post} / SD_{pooled}$, where $SD_{pooled} = \sqrt{(SD_{pre}^2 + SD_{post}^2) / 2}$, in order to assess the magnitude of change from pre to post-training.

5.4. Results

Performances at pre-test and post-test for physical and cognitive tests are presented in table 5.3 and table 5.4 respectively.

Physical Capacity

Improvement was significant in mobility (TuG: $F(1,13)=19.55$, $p < .01$, $d=.89$), strength (Sit-to-stand: $F(1,13)=17.38$, $p < .01$, $d=.76$), balance (Berg: $F(1,13)=9.60$, $p < .01$, $d=.91$), and gait speed (mean of comfortable and maximum walking speed: $F(1,13)=5.30$, $p < .05$, $d=.39$). Changes at the hand-held dynamometer and the 6MWT were non-significant ($p > .05$), though the effect size varied between small and moderate ($d=.33$ and $.42$, respectively).

Table 5.3 Performances in physical capacity tests at pre-test and post-training.

Physical Capacity	Physical Test	Pre-Intervention	Post-Intervention	<i>p</i> -value	Cohen's <i>d</i>
Strength	Hand-held dynamometer (kg)	13.17 ± 4.48	14.66 ± 4.47	.099	.33
	Sit-to-stand (repetitions in 30 sec.)	7.14 ± 3.01	9.21 ± 2.39	<.01	.76
GAIT Speed	Walking speed (meter / sec.)	0.91 ± 0.27	1.01 ± 0.24	<.05	.39
Balance	BERG Test (score / 56)	48.00 ± 3.96	51.07 ± 2.65	<.01	.91
Mobility	Timed Up and Go Test (sec.)	17.14 ± 6.42	12.43 ± 3.90	<.01	.89
Physical Endurance	6-Minute Walk Test (meter)	293.57 ± 99.55	333.93 ± 90.60	.150	.42

Mean results are showed in the table ± Standard Deviation.

Cognition

There was no significant change in neuropsychological tests ($p>.05$). However, the effect size showed improvements that varied from small to medium in global cognition (MMSE: $d=.48$), processing speed (TMT A: $d=.52$), executive functions (Stroop inhibition: $d=.35$), working memory (Digit span: $d=.32$), and episodic memory (RAVLT: $d=.29$).

Table 5.4 Cognition results from pre to post-training.

Cognitive functions	Cognitive test	Pre-Intervention	Post-Intervention	p-value
Global cognitive	MMSE (score)	26.43 \pm 2.07	27.36 \pm 1.78	>.05
functioning and verbal				
reasoning	Similarities (score)	17.93 \pm 6.56	18.21 \pm 5.21	>.05
	TMT A (sec.)	93.56 \pm 39.98	77.32 \pm 19.40	>.05
Speed of processing	DSST (score)	30.69 \pm 5.94	30.85 \pm 7.61	>.05
	Digit Span (score)	12.43 \pm 2.17	13.21 \pm 2.64	>.05
Memory	RAVLT (total recall)	41.93 \pm 17.18	48.14 \pm 25.14	>.05
	Stroop inhibition (sec.)	214.99 \pm 70.06	193.41 \pm 52.20	>.05
	Stroop flexibility (sec.)	316.65 \pm 126.52	292.70 \pm 140.35	>.05
	Verbal fluency (words)	10.05 \pm 2.69	10.31 \pm 2.97	>.05
Executive functions	TMT B (sec.)	277.01 \pm 96.85	263.38 \pm 57.39	>.05

5.5. Conclusions

The present study reports important findings on the benefits of physical training intervention in severely frail geriatric patients. Results suggest that a physical exercise intervention adapted for participants by an interdisciplinary geriatric team can enhance physical capacities and potentially improve cognitive functions (as suggested by Cohen's d amplitude) in severely frail geriatric patients. Interestingly, those benefits were observed even after usual hospital care, just prior to discharge. Although future studies are needed to assess the long term impact of these changes for the patients and their family, it is reasonable to believe that improvements will help reducing risk of falls and lessen the likelihood of a short term re-hospitalization. Definitive conclusions on the potential benefits of physical activity programs in severely frail geriatric patients must await further study. Future studies should include a large cohort of geriatrics patients in the context of a randomized clinical trial, and involving a control group.

5.6. References

- Bergman, H., L. Ferrucci, J. Guralnik, D. B. Hogan, S. Hummel, S. Karunananthan et C. Wolfson. 2007. «Frailty: an emerging research and clinical paradigm-- issues and controversies». *Journal of Gerontology, Biological Sciences and Medical Sciences*, vol. 62, no 7, p. 731-737.
- Bogle Thorbahn, L. D., et R. A. Newton. 1996. «Use of the Berg Balance Test to predict falls in elderly persons». *Phys Ther*, vol. 76, no 6, p. 576-583; discussion 584-575. En ligne.
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=8650273.
- Bohannon, R. W. 1995. «Sit-to-stand test for measuring performance of lower extremity muscles». *Percept Mot Skills*, vol. 80, no 1, p. 163-166. En ligne.
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=7624188.
- Bohannon, R. W. 1997. «Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20-79 years: reference values and determinants». *Age and Ageing*, vol. 26, no 1, p. 15-19.
- Bohnen, N., J. Jolles et A. Twijnstra. 1992. «Modification of the stroop color word test improves differentiation between patients with mild head injury and matched controls». *Clinical Neuropsychologist*, vol. 6, no 2, p. 178-184. En ligne. <http://www.informaworld.com/10.1080/13854049208401854>.
- Brown, M., D. R. Sinacore, E. F. Binder et W. M. Kohrt. 2000. «Physical and performance measures for the identification of mild to moderate frailty». *Journal of Gerontology, Biological Sciences and Medical Sciences*, vol. 55, no 6, p. M350-355.
- Chin, A. Paw M. J., J. G. van Uffelen, I. Riphagen et W. van Mechelen. 2008. «The functional effects of physical exercise training in frail older people : a systematic review». *Sports Medicine*, vol. 38, no 9, p. 781-793.

- Colcombe, S. J., K. I. Erickson, N. Raz, A. G. Webb, N. J. Cohen, E. McAuley et A. F. Kramer. 2003. «Aerobic fitness reduces brain tissue loss in aging humans». *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, vol. 58, no 2, p. 176-180. En ligne.
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=12586857.
- Delis, D.C., E. Kaplan et J. Kramer. 2001. *Delis Kaplan Executive Function System*. San Antonio, TX: Psychological Corporation.
- Drey, M., H. Wehr, G. Wehr, W. Uter, F. Lang, R. Rupprecht, C. C. Sieber et J. M. Bauer. 2010. «The frailty syndrome in general practitioner care : A pilot study». *Z Gerontol Geriatr*. Nlm.
- Enright, P. L., M. A. McBurnie, V. Bittner, R. P. Tracy, R. McNamara, A. Arnold et A. B. Newman. 2003. «The 6-min walk test: a quick measure of functional status in elderly adults». *Chest*, vol. 123, no 2, p. 387-398.
- Folstein, M., Folstein, S.E., McHugh, P.R. 1975. «“Mini-Mental State” a Practical Method for Grading the Cognitive State of Patients for the Clinician». *Journal of Psychiatric Research*, vol. 12, no 3, p. 189-198.
- Fried, L. P., C. M. Tangen, J. Walston, A. B. Newman, C. Hirsch, J. Gottdiener, T. Seeman, R. Tracy, W. J. Kop, G. Burke et M. A. McBurnie. 2001. «Frailty in older adults: evidence for a phenotype». *Journal of Gerontology, Biological Sciences and Medical Sciences*, vol. 56, no 3, p. M146-156.
- Langlois, F., T. T. Vu, K. Chasse, G. Dupuis, M. J. Kergoat et L. Bherer. «Benefits of Physical Exercise Training on Cognition and Quality of Life in Frail Older Adults». *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci* 2012. En ligne.
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=22929394.
- Mahoney, F. I., et D. W. Barthel. 1965. «Functional Evaluation: The Barthel Index». *Md State Med J*, vol. 14, p. 61-65. En ligne.
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=14258950.

- Mathiowetz, V., N. Kashman, G. Volland, K. Weber, M. Dowe et S. Rogers. 1985. «Grip and pinch strength: normative data for adults». *Arch Phys Med Rehabil*, vol. 66, no 2, p. 69-74.
- Podsiadlo, D., et S. Richardson. 1991. «The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons». *Journal of the American Geriatric Society*, vol. 39, no 2, p. 142-148.
- Reitan, R. M. 1958. «Validity of the Trail Making Test as an indicator of organic brain damage». *Perceptual and Motor Skills*, vol. 8, p. 271-276.
- Renaud, M., F. Maquestiaux, S. Joncas, M. J. Kergoat et L. Bherer. 2010. «The effect of three months of aerobic training on response preparation in older adults». *Frontiers in Aging Neuroscience*, vol. 2, p. 148.
- Rey, Andre. 1941. «L'examen psychologique dans les cas d'encéphalopathie traumatique». *Archives de Psychologie*, vol. 28, p. 21.
- Rockwood, K., et A. Mitnitski. 2007. «Frailty in relation to the accumulation of deficits». *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, vol. 62, no 7, p. 722-727.
- Rockwood, K., X. Song, C. MacKnight, H. Bergman, D. B. Hogan, I. McDowell et A. Mitnitski. 2005. «A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people». *Canadian Medical Association Journal*, vol. 173, no 5, p. 489-495.
- Rolland, Y., G. Abellan van Kan et B. Vellas. 2010. «Healthy brain aging: role of exercise and physical activity». *Clin Geriatr Med*, vol. 26, no 1, p. 75-87. Nlm.
- Steffen, T. M., T. A. Hacker et L. Mollinger. 2002. «Age- and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: Six-Minute Walk Test, Berg Balance Scale, Timed Up & Go Test, and gait speeds». *Phys Ther*, vol. 82, no 2, p. 128-137. En ligne.
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=11856064.

Wechsler, David. 1997. *WAIS-III administration and scoring manual, third edition*.
The Psychological Corporation, 217 p.

CHAPITRE VI

DISCUSSION GÉNÉRALE

6.1. Vieillessement et fragilité: apports de la thèse

Cette thèse doctorale visait l'atteinte de plusieurs objectifs spécifiques. Un de ceux-ci, était d'arriver à mieux comprendre le concept de la « fragilité » associée au vieillissement. Bien que plusieurs études aient été faites précédemment dans ce domaine de recherche, aucune de celles-ci n'avaient exploré les multiples dimensions de la fragilité dans une seule et même étude (article 1- chapitre 2). Également, alors que de plus en plus d'études suggèrent la présence d'atteintes cognitives associées à la fragilité (e.g., Bergman *et al.*, 2007 ; Fried *et al.*, 2001 ; Raji *et al.*, 2010 ; Samper-Ternent *et al.*, 2008), aucune n'avait évalué les différents processus cognitifs de façon spécifique et ciblée chez des aînés fragiles. De même, aucune étude précédente n'avait évalué les différentes dimensions de la qualité de vie chez cette population. Ainsi, le premier article de cette thèse a permis de contribuer à la littérature actuelle dans le domaine de la fragilité par les observations suivantes.

Tout d'abord, l'atteinte des capacités physiques chez les aînés fragiles, qui est inhérente au concept de fragilité tel que conceptualisé par les chercheurs à l'heure actuelle (e.g., Fried *et al.*, 2001), fut également observée dans la première étude décrite dans cette thèse. Ces résultats étaient attendus, étant donné que plusieurs critères d'identification de la fragilité tenaient compte de ces capacités physiques initiales, telles que la vitesse de marche et la mesure des capacités fonctionnelles globales (i.e., le *Modified Physical Performance Test*) (Brown *et al.*, 2000a). Les résultats de notre étude ont montré que toutes les composantes physiques étaient davantage affectées chez les aînés fragiles comparativement aux aînés non fragiles : l'endurance physique, la mobilité, la force musculaire, et la vitesse de marche. De plus, à l'exception de la force de préhension, les atteintes physiques objectivées chez les aînés fragiles demeuraient statistiquement significatives après contrôle statistique des variables démographiques et médicales (i.e., les aînés fragiles avaient davantage de facteurs de risque cardiovasculaire, de troubles gastro-intestinaux, de problématiques musculo-squelettiques, étaient moins autonomes dans les activités de la vie quotidienne et domestique, utilisaient plus d'aides techniques, et prenait davantage de médicaments). Ces résultats vont dans le même sens que la littérature actuelle (e.g., Fried *et al.*, 2004, Bergman *et al.*, 2007), suggérant que la fragilité est véritablement un état global distinct qui va au-delà d'une simple accumulation de maladies et/ou d'incapacités fonctionnelles.

Également, les aînés fragiles de cette étude avaient davantage d'atteintes cognitives comparativement aux aînés non fragiles. Toutefois, ce n'était pas tous les processus cognitifs qui étaient affectés de façon uniforme par la fragilité, mais plus particulièrement la vitesse de traitement de l'information et les fonctions exécutives (voir les ANNEXES C et D pour une description de toutes les mesures neuropsychologiques associées à ces deux processus cognitifs) et ce, même après contrôle statistique des variables démographiques et médicales à l'étude.

De plus, les aînés fragiles avaient une qualité de vie globale diminuée par rapport aux aînés non fragiles, en raison d'une moins grande satisfaction sur les dimensions que sont la santé physique, les activités de loisir, la capacité d'entretien ménager, et les capacités physiques. Comme pour l'ensemble des mesures physiques et cognitives, les différences entre les aînés fragiles et non fragiles demeuraient, même après avoir contrôlé statistiquement la variance associée à l'ensemble des mesures médicales, davantage affectées chez les aînés fragiles.

L'objectif de contrôler statistiquement la part de la variance associée à l'ensemble de ces facteurs médicaux était d'élargir notre compréhension de la fragilité. En fait, le but était de répondre à la question suivante : est-ce que les atteintes physiques, cognitives, et psychologiques des aînés fragiles ne reposaient que sur les différences démographiques et médicales initiales? Tel que suggéré par cette étude, il semble bien que non. Bien que plusieurs études récentes établissent un lien entre la fragilité et le vieillissement (Fulop *et al.*, 2010 ; Garcia-Garcia *et al.*, 2011),

la diminution de l'autonomie (Avila-Funes *et al.*, 2011 ; Fried *et al.*, 2001 ; Topinkova, 2008), et diverses problématiques médicales (Garcia-Garcia *et al.*, 2011 ; Mitnitski *et al.*, 2002), la fragilité ne peut pas se résumer qu'à ces seules problématiques. En fait, tel qu'identifié dans les recherche actuelles, la fragilité est un construit à part entière (Lang, Michel et Zekry, 2009), qui représente un syndrome gériatrique complexe et hétérogène, qui constitue un risque pour l'individu fragile de développer différentes incapacités et diverses problématiques médicales, d'expérimenter une diminution de l'autonomie, et d'accroître le risque de mortalité (Fried *et al.*, 2001). Ainsi, la présente étude montre que la fragilité peut également s'accompagner d'atteintes physiques globales, associés à des altérations cognitives et psychologiques spécifiques. L'ANNEXE E montre les corrélations existantes entre les capacités physiques, cognitives, et psychologiques pour l'ensemble des participants fragiles et non fragiles. Notamment, les corrélations Pearson indiquent que le niveau d'endurance physique est significativement corrélé à chacune des mesures physiques [i.e., vitesse de marche, capacités fonctionnelles, mobilité, force], à certaines mesures cognitives [i.e., vitesse de traitement de l'information et fonctions exécutives], et de qualité de vie [i.e., santé physique, capacités d'entretien ménager, et perception des capacités physiques].

Tel que mentionné précédemment dans l'introduction générale, l'identification appropriée et rapide de la fragilité a pour objectif une intervention rapide de cette problématique, étant donné ses conséquences néfastes potentielles.

Étant donné le fait que la fragilité touche différentes dimensions d'un individu (i.e., physique, cognitif, et psychologique), l'entraînement physique s'avère une avenue d'intervention qui est de plus en plus étudiée, compte tenue des bénéfices multiples qui y sont associés.

6.2. Fragilité et entraînement physique: apports de la thèse

De plus en plus d'études suggèrent des bénéfices multidimensionnels de l'entraînement physique, que ce soit sur le plan de la **santé physique** (e.g., Catenacci *et al.*, 2011 ; Daly *et al.*, 2008 ; Fogelholm et Vainio, 2002 ; Goodpaster *et al.*, 2008 ; Karlsson, Nordqvist et Karlsson, 2008 ; Lagerros, Hsieh et Hsieh, 2004 ; McCarthy et Kuo, 2009 ; Okay *et al.*, 2009 ; Ringsberg *et al.*, 2001 ; Takahashi *et al.*, 2008 ; Tinker *et al.*, 2008 ; Warburton, Nicol et Bredin, 2006), du **fonctionnement cognitif** (e.g., Angevaren *et al.*, 2010 ; Chang *et al.*, 2010b ; Colcombe et Kramer, 2003 ; Daffner, 2010 ; Ho *et al.*, 2010 ; Kramer, Erickson et Colcombe, 2006 ; Nithianantharajah et Hannan, 2009 ; Rolland, Abellan van Kan et Vellas, 2010 ; Sofi *et al.*, 2011), ou du **bien-être psychologique** (e.g., Bize, Johnson et Plotnikoff, 2007 ; Conn, 2010a ; Laoutaris *et al.*, 2011 ; Pasco *et al.*, 2011 ; Penedo et Dahn, 2005 ; Schulz *et al.*, 2004 ; Tremblay, Inman et Willms, 2000 ; Willenheimer *et al.*, 2001).

Dans le deuxième article de cette thèse (chapitre 3), l'objectif principal était de voir si l'entraînement physique est susceptible d'améliorer le fonctionnement global des aînés fragiles. La question inhérente à cette étude était la suivante : malgré

les atteintes physiques, cognitives, et psychologiques des aînés fragiles, est-ce que ceux-ci peuvent bénéficier de l'entraînement physique? De façon intéressante, la deuxième étude montre qu'effectivement les aînés fragiles peuvent améliorer de façon analogue aux aînés non fragiles leurs capacités physiques, leur fonctionnement cognitif, de même que leur qualité de vie, suite à un entraînement physique multimodal (i.e., exercices de type aérobie, musculaire, et de flexibilité), d'une durée de trois mois, à raison de trois séances d'entraînement par semaine. Les bénéfices physiques de l'entraînement chez les aînés fragiles avaient déjà été objectivés dans des études récentes (e.g., Binder *et al.*, 2005 ; Brown *et al.*, 2000b ; Gine-Garriga *et al.*, 2010 ; Landi *et al.*, 2007). L'étude décrite dans cette thèse réplique ainsi ces recherches, en montrant tout particulièrement des améliorations significatives suite à l'entraînement au niveau de l'endurance physique et des capacités fonctionnelles. Bien que les autres mesures physiques se soient aussi améliorées suite à l'entraînement (e.g., la vitesse de marche) mais pas de façon significative, il est possible que pour observer des bénéfices significatifs, il eut fallu une intervention de plus longue durée chez les participants à l'étude. Notamment, une étude de Toulotte, Fabre, Dangremont, Lancel, et Thévenon (2003) a montré qu'un entraînement multimodal d'une durée de quatre mois (un mois de plus que dans la présente étude), a su améliorer la vitesse de marche, la flexibilité, et l'équilibre chez des aînés fragiles (Toulotte *et al.*, 2003).

De plus, l'entraînement physique a permis d'améliorer le fonctionnement cognitif des aînés fragiles dans cette deuxième étude. Alors que des recherches précédentes avaient montrées de tels effets chez des aînés non fragiles, cette étude fut la première à observer que les aînés fragiles peuvent aussi bénéficier de ce type d'entraînement pour améliorer leur fonctionnement cognitif (ANNEXE F). Les bénéfices cognitifs, superposables entre les aînés fragiles et non fragiles, touchent essentiellement les processus associés aux fonctions exécutives (i.e., la capacité d'inhibition et de flexibilité cognitive), la mémoire de travail, et la vitesse de traitement de l'information (voir les ANNEXES G, H, et I pour une description détaillée de l'ensemble des mesures neuropsychologiques améliorées sur le plan de la mémoire de travail, de la vitesse de traitement de l'information, et des fonctions exécutives). La spécificité des bénéfices cognitifs à ces différents processus est également démontrée dans diverses méta-analyses portant sur des études avec des aînés sains non fragiles, notamment celle de Colcombe et Kramer (2003). De même, certaines études neurophysiologiques utilisant l'électroencéphalographie montrent qu'un haut niveau d'activités physiques pratiquées est associé à une meilleure gestion des ressources attentionnelles (capacité inhérente aux fonctions exécutives), ainsi qu'une vitesse de traitement de l'information plus rapide (Hillman, Erickson et Kramer, 2008). Des résultats provenant de l'imagerie cérébrale magnétique fonctionnelle montrent également qu'un haut niveau d'activités physiques pratiquées et une excellente santé cardiorespiratoire (mesuré par le $VO_2\text{max}$) sont reliés à une plus grande activation dans le cortex préfrontal et à de meilleures performances dans

des tâches de fonctions exécutives mesurant la capacité d'inhibition (Colcombe *et al.*, 2004). Dans cette étude de Colcombe et collègues (2004), les différences d'activation entre les aînés sédentaires et ceux qui étaient physiquement actifs étaient perceptibles notamment dans le cortex cingulaire antérieur dorsal, structure cérébrale qui est impliquée dans l'attention et les fonctions exécutives (Ollat, 2005). Également, Colcombe et ses collaborateurs (2006) ont trouvé que les bénéfices physiques induits par l'entraînement physique pouvaient aussi amener une augmentation du volume de la matière grise (composée des corps cellulaires des neurones), notamment dans le cortex préfrontal, qui est impliqué dans les fonctions exécutives (voir l'étude de Weinstein *et al.*, 2011, pour des résultats similaires). Dans leur étude, Colcombe et collègues (2006) ont aussi montré que l'entraînement physique pouvait accroître le volume de la matière blanche dans les régions antérieures du cerveau. La matière blanche, qui est composée essentiellement des axones myélinisés des neurones, est impliquée étroitement dans les processus cognitifs que sont la vitesse de traitement et les fonctions exécutives (Jacobs *et al.*, 2011).

Les bienfaits physiques et cognitifs objectivés dans le deuxième article s'accompagnaient également de bienfaits sur la qualité de vie des participants du groupe entraînement à l'étude, autant chez les aînés fragiles que non fragiles. Ainsi, cette étude fut la première à montrer que les bénéfices psychologiques de l'entraînement physique pouvaient s'étendre à d'autres dimensions que celles en lien avec la qualité de vie reliée à la santé. Notamment, l'entraînement physique a permis

d'améliorer la perception des aînés de leurs capacités physiques (force musculaire, flexibilité, niveau d'énergie quotidien, endurance), de leurs activités de loisir (loisirs de détente, loisirs actifs, sorties), et de leurs interactions sociales et familiales.

Dans le troisième article de cette thèse (chapitre 4), l'objectif était d'évaluer les impacts multidimensionnels d'un entraînement physique chez une aînée sévèrement fragile, en comparaison de trois participants contrôles sur une liste d'attente. Ces participants contrôles étaient appariés en fonction de l'âge, de l'état cognitif, et de l'état de sévérité de la fragilité. L'entraînement physique chez cette participante a permis d'observer des bénéfices physiques considérables, en montrant tout particulièrement des améliorations sur le plan des capacités fonctionnelles (e.g., être capable de monter les escaliers, garder son équilibre, ramasser un sou au sol, enfiler une chemise, etc.). Ces améliorations ont également été objectivées dans d'autres études chez les aînés sévèrement fragiles (e.g., Gine-Garriga *et al.*, 2010). Toutefois, aucune étude préalable n'avait montré des bénéfices cognitifs de l'entraînement physique chez des patients sévèrement fragiles. Par conséquent, l'étude rapportée au chapitre 4 de cette thèse est la première à montrer des améliorations cognitives suite à un entraînement physique chez une patiente sévèrement fragile, principalement au niveau du raisonnement verbal et des fonctions exécutives. Cette étude exploratoire suggère donc des bénéfices cognitifs comparables à ceux observés chez les aînés moins sévèrement fragiles (article 2, chapitre 3). En plus des bénéfices physiques et cognitifs observés dans cette étude de

cas, des bienfaits sur la qualité de vie ont été observés. Ces répercussions psychologiques ont été notées dans divers domaines associés aux capacités physiques (i.e., perception des capacités physiques : force musculaire, énergie, équilibre, endurance), de même qu'à la sphère affective (i.e., estime de soi, moral, tranquillité d'esprit).

L'objectif du quatrième article (chapitre 5) était de voir si les bénéfices observés chez les aînés fragiles peuvent aussi se transposer à un groupe d'aînés sévèrement fragiles en raison d'atteintes physiques et cognitives significatives. Ces participants terminaient leur période d'hospitalisation à l'Hôpital de Jour de l'Institut universitaire de gériatrie de Montréal (IUGM). Aucune étude à ce jour n'avait entrepris un tel programme d'intervention chez ce type de patient, en ayant comme objectif d'en évaluer les impacts physiques et cognitifs. Le programme d'entraînement physique d'une durée de trois mois, qui était adapté aux participants par des physiothérapeutes de l'IUGM, a permis d'améliorer toutes les capacités physiques à l'étude : force physique, endurance, équilibre, et vitesse de marche. Seule une mesure de force de préhension ne fut pas significativement améliorée suite à l'intervention, malgré une taille d'effet se situant entre un niveau faible à modéré. Aucune des mesures neuropsychologiques ne fut significativement améliorée suite à l'entraînement physique chez ce groupe d'aîné sévèrement fragile. La faible taille d'échantillon ($n=14$) de même que le processus cognitif dégénératif (i.e., maladie de Parkinson, maladie d'Alzheimer) objectivé chez plusieurs participants peuvent

expliquer en partie ces résultats. Néanmoins, l'analyse de la taille d'effet montre des améliorations entre un niveau léger et modéré pour plusieurs mesures cognitives, notamment sur le plan de la vitesse de traitement de l'information, des fonctions exécutives, et de la mémoire de travail. Malgré que ces résultats soient concordants avec ceux observés dans les études précédentes de cette thèse, il importe de rappeler que cette recherche est exploratoire, et qu'elle devra être répliquée avec davantage de participants, ainsi qu'un groupe contrôle afin de contrecarrer les effets d'utilisation répétée d'une même mesure.

6.3. Perspectives futures

La présente thèse a permis d'aborder et d'explorer plusieurs questions de recherche d'actualité dans les domaines de la fragilité, de l'entraînement physique, de la cognition, et de la santé psychologique. Néanmoins et bien humblement, force est d'admettre que ces réponses ne constituent que la pointe d'un immense iceberg. En effet, de nombreuses autres questions de recherche demeurent à élucider.

Notamment, est-ce que les différents types d'entraînement (i.e., musculaire, aérobie, flexibilité, et autres) permettent d'engendrer des bénéfices comparables ou différentiels sur les plans physiques, cognitifs, et psychologiques? Ainsi, est-ce que tous les sports et toutes les activités physiques se valent? Dans la présente thèse, chaque programme d'entraînement physique conçu était de type multimodal, combinant des exercices de type aérobie, musculaire, et de flexibilité. Le choix de cet

entraînement était basé sur la littérature actuelle montrant des bénéfices notables de cette méthode d'intervention auprès des aînés fragiles (e.g., Chin *et al.*, 2008). De même, les recommandations du département de santé et de services sociaux américain suggèrent d'utiliser ce type d'entraînement multimodal chez les aînés fragiles ou ayant certaines incapacités, afin de diversifier les bénéfices associés aux différents types d'entraînement (i.e., augmentation de la force et de la masse musculaire, amélioration de la santé cardiorespiratoire, plus grande flexibilité permettant d'accroître l'autonomie, etc.) (US Department of Health and Human Services, 2008).

Néanmoins, plusieurs chercheurs tentent à l'heure actuelle d'éclaircir différentes hypothèses en étudiant de façon séparée chacun des types d'entraînement. Notamment, plusieurs chercheurs suggèrent que l'amélioration de la santé cardiorespiratoire est la composante centrale qui permet d'engendrer des bénéfices cognitifs (e.g., Colcombe *et al.*, 2003 ; Colcombe *et al.*, 2004 ; Voss *et al.*, 2010 ; Weinstein *et al.*, 2011). Dans ce cas, l'entraînement de type aérobie serait celui à préconiser afin de bénéficier de l'entraînement sur le plan neuropsychologique. Les liens entre la santé cardiorespiratoire et les performances cognitives sont en effet démontrés dans plusieurs recherches actuelles (Weinstein *et al.*, 2011). Toutefois, de plus en plus d'études récentes utilisant des programmes d'entraînement visant une amélioration de la force musculaire ont aussi permis d'améliorer le fonctionnement cognitif des participants aînés à l'étude (Cassilhas *et al.*, 2007 ; Özkaya *et al.*, 2005 ;

Perrig-Chiello *et al.*, 1998). L'amélioration cognitive suite à l'entraînement musculaire pourrait découler des impacts sur des facteurs de croissance neuronaux, tels que l'*Insulin Like Growth Factor- 1* (IGF-1) (Liu-Ambrose et Donaldson, 2009). Rappelons-le, ce facteur de croissance, dont la concentration peut augmenter suite à un entraînement musculaire (e.g., Cassilhas *et al.*, 2007), serait associé notamment à l'angiogénèse, la neurogénèse, la synaptogénèse, et aux performances cognitives (Arwert, Deijen et Drent, 2005).

Pour complexifier le portrait actuel, certaines études ne montrent pas d'association significative entre les gains cardiorespiratoires découlant d'un entraînement aérobie et les bénéfices cognitifs objectivés dans des tâches de fonctions exécutives et de vitesse de traitement de l'information (e.g., Smiley-Oyen *et al.*, 2008). Également, une méta-analyse récente ne peut établir cette relation entre l'amélioration de la santé cardiorespiratoire et les bénéfices cognitifs objectivés dans diverses études (Etnier *et al.*, 2006). De plus, Angevaren et collègues spécifient que les données actuelles sont insuffisantes pour conclure au fait que les bénéfices cognitifs des suites de l'entraînement physique ne sont attribuables qu'aux impacts cardiorespiratoires (Angevaren *et al.*, 2008).

C'est pourquoi de plus en plus d'études combinent divers types d'entraînement afin de maximiser les gains physiques, cognitifs, et psychologiques. La méta-analyse de Colcombe et Kramer (2003) appuie également cette démarche, alors que les résultats de cette analyse suggèrent que les bénéfices cognitifs les plus

significatifs résultent d'études qui combinent des exercices de force, d'aérobie, et de flexibilité (Colcombe et Kramer, 2003). Néanmoins, plusieurs chercheurs mentionnent l'importance de comparer divers types d'entraînement dans un même protocole de recherche (Erickson et Kramer, 2009 ; Liu-Ambrose et Donaldson, 2009), afin d'évaluer les impacts différentiels des entraînements sur des mesures comportementales (i.e., performances objectives à des tests standardisés) et psychophysiologiques (e.g., examens d'imagerie cérébrale tels que l'IRMf, le TEP, et l'imagerie optique). Actuellement, divers types d'entraînement sont utilisés dans le Laboratoire d'Étude de la Santé Cognitive (LESCA) du Dr Bherer afin d'évaluer les impacts différentiels et spécifiques de ces types d'entraînement.

Également, la durée minimum d'entraînement permettant d'améliorer le fonctionnement cognitif est loin de faire l'unanimité dans la littérature actuelle. Certaines études ont su montrer des bénéfices cognitifs à la suite d'un entraînement physique de seulement huit semaines (Perrig-Chiello *et al.*, 1998), alors que d'autres n'ont pas pu établir une telle relation à la suite d'un programme d'une durée d'une année (Hill, Storandt et Malley, 1993). Est-ce que la durée d'entraînement est un facteur prépondérant qui peut expliquer ou non les bienfaits observés dans les différents protocoles d'entraînement, ou si cette variable a peu d'importance? Les études futures pourront potentiellement répondre à cette question, en variant la durée d'entraînement chez les participants à l'étude.

Également, une autre question qui est actuellement débattue concerne le nombre de séance minimale d'exercices physiques par semaine nécessaires afin d'observer des bénéfices, ainsi que l'intensité de ces exercices. Bien qu'il y ait peu de standardisation dans les protocoles d'entraînement à l'heure actuelle, les recommandations de l'*American College of Sports Medicine* spécifient qu'un entraînement d'intensité modéré incluant des exercices musculaires et d'aérobie devrait être pratiqué pour un minimum de 30 minutes, cinq jours par semaine (Nelson *et al.*, 2007). Toutefois, si les exercices sélectionnés sont d'intensité élevée, un entraînement minimum de trois séances de 20 minutes devrait être préconisé.

Un autre débat concerne la spécificité des bénéfices cognitifs découlant de l'entraînement physique. En fait, bien qu'un moins grand nombre d'études objectives des améliorations de d'autres processus cognitifs que ceux mentionnés dans les sections précédentes (e.g., fonctions exécutives et vitesse de traitement de l'information), certaines recherches montrent que de telles améliorations sont possibles, notamment sur le plan de la mémoire épisodique (Erickson *et al.*, 2011). Dans cette étude d'Erickson et collègues, l'entraînement physique aérobie d'une durée d'un an à raison de trois séances par semaine a permis d'accroître le volume des régions hippocampiques cérébral, ce qui était associé à une plus grande concentration du *Brain Derived Neurotrophic Factor* (protéine associée à la croissance neuronale) et à de meilleures performances en mémoire. Ainsi, est-ce que la durée d'entraînement permettant d'observer de telles améliorations est la même

pour tous les processus cognitifs? Est-ce que les mécanismes psychophysiologiques permettant les bienfaits cognitifs sont les mêmes pour tous les processus cognitifs? Les études futures permettront potentiellement de répondre à ces questions.

Également, les études futures se devront d'évaluer s'il existe des effets différentiels de l'entraînement physique en fonction du genre (différences homme-femme quant aux bénéfices observés, tel que le suggère la méta-analyse de Colcombe et Kramer en 2003?), de la culture (existe-t-il des bénéfices distincts en fonction de la culture?), de l'âge (effets différentiels de l'entraînement selon l'âge, tel que le suggère Hillman et collègues en 2008?), des facteurs de vie (e.g., différents effets de l'entraînement en fonction du réseau social, de la nutrition, ou des activités cognitivement stimulantes pratiquées?), et de la génétique (existe-t-il des facteurs génétiques qui prédisposent certains individus à bénéficier davantage de l'entraînement physique?).

Également, les études futures pourraient combiner différentes méthodes d'intervention (e.g., exercice physique, stimulation cognitive, intervention nutritionnelle), afin d'évaluer si les bénéfices observés sont plus importants que dans des études n'utilisant qu'un seul type d'intervention. Par exemple, une étude récente de Rydwick et collègues (2011) a combiné une intervention nutritionnelle à un programme d'entraînement physique d'une durée de six mois, afin d'en évaluer les impacts individuels et combinés chez des aînés fragiles. De plus, les études futures se

devraient d'évaluer les effets à long terme de l'entraînement et les stratégies favorisant le maintien des exercices conseillés.

L'accroissement de l'utilisation des nouvelles techniques d'imagerie (e.g., IRMf, TEP, et l'imagerie optique) devraient nous permettre de mieux comprendre les mécanismes qui sous-tendent les bénéfices cognitifs et psychologiques qui découlent de l'entraînement physique.

Enfin, l'ensemble de ces études pourra possiblement nous permettre d'acquérir des connaissances essentielles à la mise en place de stratégie de prévention et d'intervention chez les aînés, visant l'optimisation du fonctionnement physique, cognitif, psychologique.

6.4. Conclusion

La fragilité est un syndrome gériatrique complexe qui peut affecter les capacités physiques, le fonctionnement cognitif, et la santé psychologique des aînés. Les études présentées dans cette thèse suggèrent des bénéfices multiples de l'entraînement physique, autant chez les aînés vivant un vieillissement optimal, que chez les aînés fragiles ayant des problèmes de santé initiaux. Les bénéfices objectivés et rapportés touchent notamment les capacités physiques, le fonctionnement cognitif, et la qualité de vie.

Bien que plusieurs études montrent actuellement qu'il est important d'adopter dès le plus jeune âge un mode de vie sain qui incorpore l'exercice physique à une

routine de vie, les présentes études suggèrent qu'il est possible de bénéficier de l'entraînement physique, même à un âge fort avancé et dans un état de santé précaire. Selon l'étendue des connaissances scientifiques actuelles, il importerait d'adapter l'entraînement physique à l'individu et ses besoins, de diversifier les types d'exercices afin d'améliorer le plus de composantes possible, et que l'entraînement soit plaisant et motivant pour la personne, et ce, afin d'optimiser les bénéfices potentiels.

BIBLIOGRAPHIE

(INTRODUCTION GÉNÉRALE ET DISCUSSION GÉNÉRALE)

American Psychiatric Association. 2000. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, 4th ed., Text Rev.* Washington DC : American Psychiatric Association. 955 p.

Anders, J., U. Dapp, S. Laub et W. von Renteln-Kruse. 2007. «[Impact of fall risk and fear of falling on mobility of independently living senior citizens transitioning to frailty: screening results concerning fall prevention in the community]». *Z Gerontol Geriatr*, vol. 40, no 4, p. 255-267. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=17701116.

Angevaren, M., G. Aufdemkampe, H. J. Verhaar, A. Aleman et L. Vanhees. 2008. «Physical activity and enhanced fitness to improve cognitive function in older people without known cognitive impairment». *Cochrane Database of Systematic Reviews*, vol. 16, no 3.

Angevaren, M., L. Vanhees, A. C. Nooyens, C. G. Wendel-Vos et W. M. Verschuren. 2010. «Physical activity and 5-year cognitive decline in the Doetinchem cohort study». *Ann Epidemiol*, vol. 20, no 6, p. 473-479. Nlm.

Arwert, L. I., J. B. Deijen et M. L. Drent. 2005. «The relation between insulin-like growth factor I levels and cognition in healthy elderly: a meta-analysis». *Growth Horm IGF Res*, vol. 15, no 6, p. 416-422. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=16256385.

Avila-Funes, J. A., H. Amieva, P. Barberger-Gateau, M. Le Goff, N. Raoux, K. Ritchie, I. Carriere, B. Tavernier, C. Tzourio, L. M. Gutierrez-Robledo et J. F. Dartigues. 2009. «Cognitive impairment improves the predictive validity of the phenotype of frailty for adverse health outcomes: the three-city study». *Journal of the American Geriatric Society*, vol. 57, no 3, p. 453-461.

Avila-Funes, J. A., S. D. Pina-Escudero, S. Aguilar-Navarro, L. M. Gutierrez-Robledo, L. Ruiz-Arregui et H. Amieva. 2011. «Cognitive impairment and low physical activity are the components of frailty more strongly associated with disability». *J Nutr Health Aging*, vol. 15, no 8, p. 683-689. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=21968865>.

Ayalon, L., et S. Shiovitz-Ezra. 2011. «The relationship between loneliness and passive death wishes in the second half of life». *Int Psychogeriatr*, vol. 23, no 10, p. 1677-1685. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=21777504>.

Barnes, D. E., K. Yaffe, W. A. Satariano et I. B. Tager. 2003. «A longitudinal study of cardiorespiratory fitness and cognitive function in healthy older adults». *J Am Geriatr Soc*, vol. 51, no 4, p. 459-465.

Beard, Courtney, Risa B. Weisberg et Martin B. Keller. 2010. «Health-related Quality of Life across the anxiety disorders: Findings from a sample of primary care patients». *Journal of Anxiety Disorders*, vol. 24, no 6, p. 559-564. En ligne. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6VDK-4YRXD1X-1/2/70f1a196695874aa1aa9fcd12c510431>>.

Bellar, D., E. L. Glickman, J. Juvancic-Heltzel et J. Gunstad. 2011. «Serum insulin like growth factor-1 is associated with working memory, executive function and selective attention in a sample of healthy, fit older adults». *Neuroscience*, vol. 178, p. 133-137. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=21256932>.

- Bergman, H., L. Ferrucci, J. Guralnik, D. B. Hogan, S. Hummel, S. Karunananthan et C. Wolfson. 2007. «Frailty: an emerging research and clinical paradigm--issues and controversies». *Journal of Gerontology, Biological Sciences and Medical Sciences*, vol. 62, no 7, p. 731-737.
- Binder, E. F., K. E. Yarasheski, K. Steger-May, D. R. Sinacore, M. Brown, K. B. Schechtman et J. O. Holloszy. 2005. «Effects of progressive resistance training on body composition in frail older adults: results of a randomized, controlled trial». *Journal of Gerontology, Biological Sciences and Medical Sciences*, vol. 60, no 11, p. 1425-1431.
- Bize, R., J. A. Johnson et R. C. Plotnikoff. 2007. «Physical activity level and health-related quality of life in the general adult population: a systematic review». *Prev Med*, vol. 45, no 6, p. 401-415. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=17707498>.
- Black, J. E., K. R. Isaacs, B. J. Anderson, A. A. Alcantara et W. T. Greenough. 1990. «Learning causes synaptogenesis, whereas motor activity causes angiogenesis, in cerebellar cortex of adult rats». *Proc Natl Acad Sci U S A*, vol. 87, no 14, p. 5568-5572. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=1695380>.
- Borson, S. 2010. «Cognition, aging, and disabilities: conceptual issues». *Phys Med Rehabil Clin N Am*, vol. 21, no 2, p. 375-382.
- Brazier, J. E., R. Harper, N. M. Jones, A. O'Cathain, K. J. Thomas, T. Usherwood et L. Westlake. 1992. «Validating the SF-36 health survey questionnaire: new outcome measure for primary care». *BMJ*, vol. 305, no 6846, p. 160-164. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=1285753>.
- Brown, M., D. R. Sinacore, E. F. Binder et W. M. Kohrt. 2000a. «Physical and performance measures for the identification of mild to moderate frailty». *Journal of Gerontology, Biological Sciences and Medical Sciences*, vol. 55, no 6, p. M350-355.

Brown, M., D. R. Sinacore, A. A. Ehsani, E. F. Binder, J. O. Holloszy et W. M. Kohrt. 2000b. «Low-intensity exercise as a modifier of physical frailty in older adults». *Arch Phys Med Rehabil*, vol. 81, no 7, p. 960-965.

Caspersen, C. J., A. M. Kriska et S. R. Dearwater. 1994. «Physical activity epidemiology as applied to elderly populations». *Baillieres Clin Rheumatol*, vol. 8, no 1, p. 7-27. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=8149451.

Cassilhas, R. C., V. A. Viana, V. Grassmann, R. T. Santos, R. F. Santos, S. Tufik et M. T. Mello. 2007. «The impact of resistance exercise on the cognitive function of the elderly». *Med Sci Sports Exerc*, vol. 39, no 8, p. 1401-1407. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=17762374.

Catenacci, V. A., G. K. Grunwald, J. P. Ingebrigtsen, J. M. Jakicic, M. D. McDermott, S. Phelan, R. R. Wing, J. O. Hill et H. R. Wyatt. 2011. «Physical activity patterns using accelerometry in the National Weight Control Registry». *Obesity (Silver Spring)*, vol. 19, no 6, p. 1163-1170. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=21030947.

Chang, C. I., D. C. Chan, K. N. Kuo, C. A. Hsiung et C. Y. Chen. 2010a. «Vitamin D insufficiency and frailty syndrome in older adults living in a Northern Taiwan community». *Arch Gerontol Geriatr*, vol. 50 Suppl 1, p. S17-21.

Chang, M., P. V. Jonsson, J. Snaedal, S. Bjornsson, J. S. Saczynski, T. Aspelund, G. Eiriksdottir, M. K. Jonsdottir, O. L. Lopez, T. B. Harris, V. Gudnason et L. J. Launer. 2010b. «The Effect of Midlife Physical Activity on Cognitive Function Among Older Adults: AGES--Reykjavik Study». *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. Nlm.

- Chin, A. Paw M. J., J. G. van Uffelen, I. Riphagen et W. van Mechelen. 2008. «The functional effects of physical exercise training in frail older people : a systematic review». *Sports Medicine*, vol. 38, no 9, p. 781-793.
- Cigolle, C., C. Blaum, K. Langa, P. Lee et J. Liang. 2011. «Frailty Models and Their Disability and Mortality Outcomes: The Health and Retirement Study». In *Frailty Session of the Gerontological Society of America Annual Meeting, Boston, MA*. (Boston), sous la dir. de Boston.
- Clark, L. R., D. M. Schiehser, G. H. Weissberger, D. P. Salmon, D. C. Delis et M. W. Bondi. 2012. «Specific measures of executive function predict cognitive decline in older adults». *J Int Neuropsychol Soc*, vol. 18, no 1, p. 118-127. En ligne.
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=22115028.
- Colcombe, S. J., K. I. Erickson, N. Raz, A. G. Webb, N. J. Cohen, E. McAuley et A. F. Kramer. 2003. «Aerobic fitness reduces brain tissue loss in aging humans». *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, vol. 58, no 2, p. 176-180. En ligne.
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=12586857.
- Colcombe, S. J., A. F. Kramer, K. I. Erickson, P. Scalf, E. McAuley, N. J. Cohen, A. Webb, G. J. Jerome, D. X. Marquez et S. Elavsky. 2004. «Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging». *Proc Natl Acad Sci U S A*, vol. 101, no 9, p. 3316-3321. En ligne.
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=14978288.
- Colcombe, S., et A. F. Kramer. 2003. «Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study». *Psychological Science: a Journal of the American Psychological Society / APS*, vol. 14, no 2, p. 125-130.
- Conn, V. S. 2010a. «Anxiety outcomes after physical activity interventions: meta-analysis findings». *Nurs Res*, vol. 59, no 3, p. 224-231.

- . 2010b. «Depressive symptom outcomes of physical activity interventions: meta-analysis findings». *Ann Behav Med*, vol. 39, no 2, p. 128-138. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20422333>.
- Daffner, K. R. 2010. «Promoting successful cognitive aging: a comprehensive review». *J Alzheimers Dis*, vol. 19, no 4, p. 1101-1122. Nlm.
- Daly, R. M., H. G. Ahlborg, K. Ringsberg, P. Gardsell, I. Sernbo et M. K. Karlsson. 2008. «Association between changes in habitual physical activity and changes in bone density, muscle strength, and functional performance in elderly men and women». *J Am Geriatr Soc*, vol. 56, no 12, p. 2252-2260. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=19016934.
- de Jong, N., A. Paw M. J. Chin, C. de Graaf et W. A. van Staveren. 2000. «Effect of dietary supplements and physical exercise on sensory perception, appetite, dietary intake and body weight in frail elderly subjects». *Br J Nutr*, vol. 83, no 6, p. 605-613. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=10911768.
- Duquette, R. L., G. Dupuis et J. Perrault. 1994. «A new approach for quality of life assessment in cardiac patients: rationale and validation of the Quality of Life Systemic Inventory». *The Canadian Journal of Cardiology*, vol. 10, no 1, p. 106-112.
- Eadie, B. D., V. A. Redila et B. R. Christie. 2005. «Voluntary exercise alters the cytoarchitecture of the adult dentate gyrus by increasing cellular proliferation, dendritic complexity, and spine density». *J Comp Neurol*, vol. 486, no 1, p. 39-47.
- Erickson, K. I., et A. F. Kramer. 2009. «Aerobic exercise effects on cognitive and neural plasticity in older adults». *Br J Sports Med*, vol. 43, no 1, p. 22-24. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=18927158.

Erickson, K. I., R. S. Prakash, M. W. Voss, L. Chaddock, L. Hu, K. S. Morris, S. M. White, T. R. Wojcicki, E. McAuley et A. F. Kramer. 2009. «Aerobic fitness is associated with hippocampal volume in elderly humans». *Hippocampus*, vol. 19, no 10, p. 1030-1039.

Erickson, K. I., M. W. Voss, R. S. Prakash, C. Basak, A. Szabo, L. Chaddock, J. S. Kim, S. Heo, H. Alves, S. M. White, T. R. Wojcicki, E. Mailey, V. J. Vieira, S. A. Martin, B. D. Pence, J. A. Woods, E. McAuley et A. F. Kramer. 2011. «Exercise training increases size of hippocampus and improves memory». *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 108, no 7, p. 3017-3022. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=21282661>.

Etnier, J. L., P. M. Nowell, D. M. Landers et B. A. Sibley. 2006. «A meta-regression to examine the relationship between aerobic fitness and cognitive performance». *Brain Res Rev*, vol. 52, no 1, p. 119-130.

Faber, M. J., R. J. Bosscher, A. Paw M. J. Chin et P. C. van Wieringen. 2006. «Effects of exercise programs on falls and mobility in frail and pre-frail older adults: A multicenter randomized controlled trial». *Arch Phys Med Rehabil*, vol. 87, no 7, p. 885-896. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=16813773>.

Fillenbaum, G. G., et M. A. Smyer. 1981. «The development, validity, and reliability of the OARS multidimensional functional assessment questionnaire». *J Gerontol*, vol. 36, no 4, p. 428-434. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=7252074>.

Fogelholm, M., et H. Vainio. 2002. «Weight control, physical activity and cancer--strong links». *Obes Rev*, vol. 3, no 1, p. 1-3. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=12119655>.

- Fox, K. R. 1999. «The influence of physical activity on mental well-being». *Public Health Nutr*, vol. 2, no 3A, p. 411-418. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10610081>.
- Fried, L. P., L. Ferrucci, J. Darer, J. D. Williamson et G. Anderson. 2004. «Untangling the concepts of disability, frailty, and comorbidity: implications for improved targeting and care». *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, vol. 59, no 3, p. 255-263.
- Fried, L. P., C. M. Tangen, J. Walston, A. B. Newman, C. Hirsch, J. Gottdiener, T. Seeman, R. Tracy, W. J. Kop, G. Burke et M. A. McBurnie. 2001. «Frailty in older adults: evidence for a phenotype». *Journal of Gerontology, Biological Sciences and Medical Sciences*, vol. 56, no 3, p. M146-156.
- Fulop, T., A. Larbi, J. M. Witkowski, J. McElhaney, M. Loeb, A. Mitnitski et G. Pawelec. 2010. «Aging, frailty and age-related diseases». *Biogerontology*, vol. 11, no 5, p. 547-563. Nlm.
- Gallegos-Carrillo, K., C. Garcia-Pena, J. Mudgal, X. Romero, L. Duran-Arenas et J. Salmeron. 2009. «Role of depressive symptoms and comorbid chronic disease on health-related quality of life among community-dwelling older adults». *J Psychosom Res*, vol. 66, no 2, p. 127-135. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=19154855.
- Garcia-Garcia, F. J., G. Gutierrez Avila, A. Alfaro-Acha, M. S. Amor Andres, M. De Los Angeles De La Torre Lanza, M. V. Escribano Aparicio, S. Humanes Aparicio, J. L. Larrion Zugasti, M. Gomez-Serranillo Reus, F. Rodriguez-Artalejo et L. Rodriguez-Manas. 2011. «The prevalence of frailty syndrome in an older population from Spain. The toledo study for healthy aging». *J Nutr Health Aging*, vol. 15, no 10, p. 852-856. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=22159772.
- Gine-Garriga, M., M. Guerra, E. Pages, T. M. Manini, R. Jimenez et V. B. Unnithan. 2010. «The effect of functional circuit training on physical frailty in frail older adults: a randomized controlled trial». *J Aging Phys Act*, vol. 18, no 4, p. 401-424. Nlm.

Giovannini, S., G. Onder, R. Liperoti, A. Russo, C. Carter, E. Capoluongo, M. Pahor, R. Bernabei et F. Landi. 2011. «Interleukin-6, C-reactive protein, and tumor necrosis factor-alpha as predictors of mortality in frail, community-living elderly individuals». *J Am Geriatr Soc*, vol. 59, no 9, p. 1679-1685. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=21883115>.

Golden, A. G., L. A. Daiello, M. A. Silverman, M. Llorente et R. A. Preston. 2003. «University of Miami Division of Clinical Pharmacology Therapeutic Rounds: medications used to treat anorexia in the frail elderly». *Am J Ther*, vol. 10, no 4, p. 292-298. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=12845394>.

Golden, J., R. M. Conroy, I. Bruce, A. Denihan, E. Greene, M. Kirby et B. A. Lawlor. 2009. «Loneliness, social support networks, mood and wellbeing in community-dwelling elderly». *Int J Geriatr Psychiatry*, vol. 24, no 7, p. 694-700. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=19274642>.

Goodpaster, B. H., P. Chomentowski, B. K. Ward, A. Rossi, N. W. Glynn, M. J. Delmonico, S. B. Kritchevsky, M. Pahor et A. B. Newman. 2008. «Effects of physical activity on strength and skeletal muscle fat infiltration in older adults: a randomized controlled trial». *J Appl Physiol*, vol. 105, no 5, p. 1498-1503. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=18818386>.

Guralnik, J. M., L. Alexih, L. G. Branch et J. M. Wiener. 2002. «Medical and long-term care costs when older persons become more dependent». *American Journal of Public Health*, vol. 92, no 8, p. 1244-1245.

Heppenstall, C. P., T. J. Wilkinson, H. C. Hanger, S. Keeling et J. Pearson. 2011. «Factors related to care home admission in the year following hospitalisation in frail older adults». *Age Ageing*, vol. 40, no 4, p. 513-516. En ligne.

http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=21622672.

Hertzog, Christopher, Arthur Kramer, Robert Wilson et Ulman Lindenberger. 2008. «Enrichment Effects on Adult Cognitive Development: Can the Functional Capacity of Older Adults Be Preserved and Enhanced?». *Psychological Science in the Public Interest*, vol. 9, no 1, p. 1-65.

Hill, R. D., M. Storandt et M. Malley. 1993. «The impact of long-term exercise training on psychological function in older adults». *J Gerontol*, vol. 48, no 1, p. P12-17. En ligne.
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=8418145.

Hillman, C. H., K. I. Erickson et A. F. Kramer. 2008. «Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition». *Nat Rev Neurosci*, vol. 9, no 1, p. 58-65. Nlm.

Ho, A. J., C. A. Raji, J. T. Becker, O. L. Lopez, L. H. Kuller, X. Hua, I. D. Dinov, J. L. Stein, C. Rosano, A. W. Toga et P. M. Thompson. 2010. «The effects of physical activity, education, and body mass index on the aging brain». *Hum Brain Mapp*. Nlm.

Hu, S., Z. Ying, F. Gomez-Pinilla et S. A. Frautschy. 2009. «Exercise can increase small heat shock proteins (sHSP) and pre- and post-synaptic proteins in the hippocampus». *Brain Res*, vol. 1249, p. 191-201.

Hull, R., R. C. Martin, M. E. Beier, D. Lane et A. C. Hamilton. 2008. «Executive function in older adults: a structural equation modeling approach». *Neuropsychology*, vol. 22, no 4, p. 508-522. En ligne.
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=18590362.

Isaacs, K. R., B. J. Anderson, A. A. Alcantara, J. E. Black et W. T. Greenough. 1992. «Exercise and the brain: angiogenesis in the adult rat cerebellum after vigorous physical activity and motor skill learning». *J Cereb Blood Flow Metab*, vol. 12, no 1, p. 110-119.

Institut de la statistique du Québec. 2009. *Perspectives démographiques du Québec et des régions, 2006-2056. Édition 2009*. Québec : ISQ, 132 p.

Jacobs, H. I., E. C. Leritz, V. J. Williams, M. P. Van Boxtel, W. V. Elst, J. Jolles, F. R. Verhey, R. E. McGlinchey, W. P. Milberg et D. H. Salat. 2011. «Association between white matter microstructure, executive functions, and processing speed in older adults: The impact of vascular health». *Hum Brain Mapp.* En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=21954054.

Janssen, I., et A. G. Leblanc. 2010. «Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth». *Int J Behav Nutr Phys Act*, vol. 7, p. 40. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=20459784.

Karlsson, M. K., A. Nordqvist et C. Karlsson. 2008. «Physical activity, muscle function, falls and fractures». *Food Nutr Res*, vol. 52. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=19158939.

Karunanathan S, Bergman H, Vedel I, Retornaz F 2009. «Frailty: Searching for a relevant clinical and research paradigm». *Revue de Medecine Interne*, vol. 30, no 2, p. 105-109.

Klavestrand, J., et E. Vingard. 2009. «The relationship between physical activity and health-related quality of life: a systematic review of current evidence». *Scand J Med Sci Sports*, vol. 19, no 3, p. 300-312. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19895380>.

Kramer, A. F., K. I. Erickson et S. J. Colcombe. 2006. «Exercise, cognition, and the aging brain». *J Appl Physiol*, vol. 101, no 4, p. 1237-1242. Nlm.

Kuzuya, M., Y. Masuda, Y. Hirakawa, M. Iwata, H. Enoki, J. Hasegawa et A. Iguchi. 2006. «[High prevalence rate of depression among community-dwelling frail elderly Japanese]». *Nihon Ronen Igakkai Zasshi*, vol. 43, no 4, p. 512-517.

En ligne.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=16937945>.

Labelle, V., M-F. Hébert, M. Renaud, L. Bosquet et L. Bherer. 2009. *Différences liées à l'âge de la capacité cardiorespiratoire et les performances cognitives chez des athlètes et des personnes âgées physiquement actives: Journée scientifique CRIUGM/CAREC* (Montréal, Canada).

Lagerros, Y. T., S. F. Hsieh et C. C. Hsieh. 2004. «Physical activity in adolescence and young adulthood and breast cancer risk: a quantitative review». *Eur J Cancer Prev*, vol. 13, no 1, p. 5-12. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=15075782>.

Landi, F., G. Onder, I. Carpenter, M. Cesari, M. Soldato et R. Bernabei. 2007. «Physical activity prevented functional decline among frail community-living elderly subjects in an international observational study». *J Clin Epidemiol*, vol. 60, no 5, p. 518-524.

Landi, F., G. Onder, M. Cesari, C. Barillaro, F. Lattanzio, P. U. Carbonin et R. Bernabei. 2004. «Comorbidity and social factors predicted hospitalization in frail elderly patients». *J Clin Epidemiol*, vol. 57, no 8, p. 832-836. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=15551473>.

Lang, P. O., J. P. Michel et D. Zekry. 2009. «Frailty syndrome: a transitional state in a dynamic process». *Gerontology*, vol. 55, no 5, p. 539-549. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=19346741>.

Laoutaris, I. D., A. Dritsas, S. Adamopoulos, A. Manginas, A. Gouziouta, M. S. Kallistratos, M. Kouloupoulou, V. Voudris, D. V. Cokkinos et P. Sfirakis. 2011. «Benefits of physical training on exercise capacity, inspiratory muscle function, and quality of life in patients with ventricular assist devices long-term postimplantation». *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil*, vol. 18, no 1, p. 33-40.

En

ligne.

http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=20571404.

Larson, E. B., L. Wang, J. D. Bowen, W. C. McCormick, L. Teri, P. Crane et W. Kukull. 2006. «Exercise is associated with reduced risk for incident dementia among persons 65 years of age and older». *Ann Intern Med*, vol. 144, no 2, p. 73-81.

Leng, S. X., W. Hung, A. R. Cappola, Q. Yu, Q. L. Xue et L. P. Fried. 2009. «White blood cell counts, insulin-like growth factor-1 levels, and frailty in community-dwelling older women». *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, vol. 64, no 4, p. 499-502.

Lemaire, P. et L. Bherer. 2005. *Psychologie du vieillissement: une perspective cognitive*. Paris: DeBoeck Éditeur, 479 p.

Liddell, B. J., Paul, R. H., Arns, M., Gordon, N., Kukla, M., Rowe, D., et al. 2007. «Rates of decline distinguish Alzheimer's disease and mild cognitive impairment relative to normal aging: integrating cognition and brain function». *J Integr Neurosci*, vol. 6, no 1, p. 141-174.

Lima, Ana Flávia Barros da Silva, et Marcelo Pio de Almeida Fleck. 2011. «Quality of life, diagnosis, and treatment of patients with major depression: a prospective cohort study in primary care». *Revista Brasileira de Psiquiatria*, p. 0-0. En ligne.
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-44462011005000001&nrm=iso.

Liu-Ambrose, T., et M. G. Donaldson. 2009. «Exercise and cognition in older adults: is there a role for resistance training programmes?». *Br J Sports Med*, vol. 43, no 1, p. 25-27. En ligne.
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=19019904.

Matsuda, P. N., A. Shumway-Cook et M. A. Ciol. 2010. «The effects of a home-based exercise program on physical function in frail older adults». *J Geriatr Phys Ther*, vol. 33, no 2, p. 78-84. En ligne.

http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=20718387>.

McCarthy, W. J., et T. Kuo. 2009. «Support for benefit of physical activity on satiety, weight control, and diabetes risk». *Arch Intern Med*, vol. 169, no 6, p. 634-635; author reply 635. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=19307530>.

McDougall, F. A., F. E. Matthews, K. Kvaal, M. E. Dewey et C. Brayne. 2007. «Prevalence and symptomatology of depression in older people living in institutions in England and Wales». *Age Ageing*, vol. 36, no 5, p. 562-568. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=17913759>.

Meeks, Thomas W., Ipsit V. Vahia, Helen Lavretsky, Ganesh Kulkarni et Dilip V. Jeste. 2011. «A tune in "a minor" can "b major": A review of epidemiology, illness course, and public health implications of subthreshold depression in older adults». *Journal of Affective Disorders*, vol. 129, no 1-3, p. 126-142. En ligne. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6T2X-515RHDC-1/2/98f8c5c60bac38c56c7a022a6c1ad35c>>.

Michalak, E. E., E. M. Tam, C. V. Manjunath, K. Solomons, A. J. Levitt, R. Levitan, M. Enns, R. Morehouse, L. N. Yatham et R. W. Lam. 2004. «Generic and health-related quality of life in patients with seasonal and nonseasonal depression». *Psychiatry Res*, vol. 128, no 3, p. 245-251. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=15541781>.

Millan-Calenti, J. C., A. Maseda, S. Rochette, G. A. Vazquez, A. Sanchez et T. Lorenzo. 2010. «Mental and psychological conditions, medical comorbidity and functional limitation: differential associations in older adults with cognitive impairment, depressive symptoms and co-existence of both». *Int J Geriatr Psychiatry*, vol. 26, no 10, p. 1071-1079. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=21905101>.

- Mitnitski, A. B., J. E. Graham, A. J. Mogilner et K. Rockwood. 2002. «Frailty, fitness and late-life mortality in relation to chronological and biological age». *BMC Geriatr*, vol. 2, p. 1. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=11897015.
- Nelson, M. E., W. J. Rejeski, S. N. Blair, P. W. Duncan, J. O. Judge, A. C. King, C. A. Macera et C. Castaneda-Sceppa. 2007. «Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association». *Med Sci Sports Exerc*, vol. 39, no 8, p. 1435-1445. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=17762378.
- Nithianantharajah, J., et A. J. Hannan. 2009. «The neurobiology of brain and cognitive reserve: mental and physical activity as modulators of brain disorders». *Prog Neurobiol*, vol. 89, no 4, p. 369-382. Nlm.
- Okay, D. M., P. V. Jackson, M. Marcinkiewicz et M. N. Papino. 2009. «Exercise and obesity». *Prim Care*, vol. 36, no 2, p. 379-393. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=19501249.
- Ollat, Hélène. 2005. «Les fonctions du cortex cingulaire antérieur dorsal». *Neuropsychiatrie : Tendances et Débats*, vol. 26, p. 15-21.
- Opdenacker, J., C. Delecluse et F. Boen. 2009. «The longitudinal effects of a lifestyle physical activity intervention and a structured exercise intervention on physical self-perceptions and self-esteem in older adults». *J Sport Exerc Psychol*, vol. 31, no 6, p. 743-760. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=20384010.
- Özkaya, Gül Y. , Hülya Aydın, Füsün N. Toraman, Ferah Kızılay, Özgür Özdemir et Vedat Cetinkaya. 2005. «Effect of Strength and Endurance Training on Cognition in Older People». *Journal of Sports Science and Medicine*, vol. 4, p. 300-313.

- Paluska, S. A., et T. L. Schwenk. 2000. «Physical activity and mental health: current concepts». *Sports Med*, vol. 29, no 3, p. 167-180. En ligne. <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10739267>>.
- Pasco, J. A., L. J. Williams, F. N. Jacka, M. J. Henry, C. E. Coulson, S. L. Brennan, E. Leslie, G. C. Nicholson, M. A. Kotowicz et M. Berk. 2011. «Habitual physical activity and the risk for depressive and anxiety disorders among older men and women». *Int Psychogeriatr*, vol. 23, no 2, p. 292-298.
- Payette, H., V. Boutier, C. Coulombe et K. Gray-Donald. 2002. «Benefits of nutritional supplementation in free-living, frail, undernourished elderly people: a prospective randomized community trial». *J Am Diet Assoc*, vol. 102, no 8, p. 1088-1095. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=12171453>.
- Penedo, F. J., et J. R. Dahn. 2005. «Exercise and well-being: a review of mental and physical health benefits associated with physical activity». *Curr Opin Psychiatry*, vol. 18, no 2, p. 189-193. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=16639173>.
- Perrig-Chiello, P., W. J. Perrig, R. Ehrt, H. B. Staehelin et F. Krings. 1998. «The effects of resistance training on well-being and memory in elderly volunteers». *Age Ageing*, vol. 27, no 4, p. 469-475. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=9884004>.
- Raji, M. A., S. Al Snih, G. V. Ostir, K. S. Markides et K. J. Ottenbacher. 2010. «Cognitive status and future risk of frailty in older Mexican Americans». *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, vol. 65, no 11, p. 1228-1234. Nlm.
- Renaud, M., F. Maquestiaux, S. Joncas, M. J. Kergoat et L. Bherer. 2010. «The effect of three months of aerobic training on response preparation in older adults». *Frontiers in Aging Neuroscience*, vol. 2, p. 148.

- Ringsberg, K. A., P. Gardsell, O. Johnell, P. O. Josefsson et K. J. Obrant. 2001. «The impact of long-term moderate physical activity on functional performance, bone mineral density and fracture incidence in elderly women». *Gerontology*, vol. 47, no 1, p. 15-20. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=11244287.
- Rochat, S., R. G. Cumming, F. Blyth, H. Creasey, D. Handelsman, D. G. Le Couteur, V. Naganathan, P. N. Sambrook, M. J. Seibel et L. Waite. 2010. «Frailty and use of health and community services by community-dwelling older men: the Concord Health and Ageing in Men Project». *Age and Ageing*, vol. 39, no 2, p. 228-233.
- Rockwood, K., S. E. Howlett, C. MacKnight, B. L. Beattie, H. Bergman, R. Hebert, D. B. Hogan, C. Wolfson et I. McDowell. 2004. «Prevalence, attributes, and outcomes of fitness and frailty in community-dwelling older adults: report from the Canadian study of health and aging». *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, vol. 59, no 12, p. 1310-1317.
- Rockwood, K., et A. Mitnitski. 2007. «Frailty in relation to the accumulation of deficits». *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, vol. 62, no 7, p. 722-727.
- Rockwood, K., X. Song, C. MacKnight, H. Bergman, D. B. Hogan, I. McDowell et A. Mitnitski. 2005. «A global clinical measure of fitness and frailty in elderly people». *Canadian Medical Association Journal*, vol. 173, no 5, p. 489-495.
- Rolland, Y., G. Abellan van Kan et B. Vellas. 2010. «Healthy brain aging: role of exercise and physical activity». *Clin Geriatr Med*, vol. 26, no 1, p. 75-87. Nlm.
- Roth, D. L., K. T. Goode, O. J. Clay et K. K. Ball. 2003. «Association of physical activity and visual attention in older adults». *J Aging Health*, vol. 15, no 3, p. 534-547. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=12914019.

- Rydwik, E., K. Frandin et G. Akner. 2011. «Effects of a physical training and nutritional intervention program in frail elderly people regarding habitual physical activity level and activities of daily living--a randomized controlled pilot study». *Arch Gerontol Geriatr*, vol. 51, no 3, p. 283-289. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=20044155.
- Samper-Ternent, R., S. Al Snih, M. A. Raji, K. S. Markides et K. J. Ottenbacher. 2008. «Relationship between frailty and cognitive decline in older Mexican Americans». *J Am Geriatr Soc*, vol. 56, no 10, p. 1845-1852.
- Schulz, K. H., S. M. Gold, J. Witte, K. Bartsch, U. E. Lang, R. Hellweg, R. Reer, K. M. Braumann et C. Heesen. 2004. «Impact of aerobic training on immune-endocrine parameters, neurotrophic factors, quality of life and coordinative function in multiple sclerosis». *J Neurol Sci*, vol. 225, no 1-2, p. 11-18. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=15465080.
- Serviddio, G., A. D. Romano, A. Greco, T. Rollo, F. Bellanti, E. Altomare et G. Vendemiale. 2009. «Frailty syndrome is associated with altered circulating redox balance and increased markers of oxidative stress». *Int J Immunopathol Pharmacol*, vol. 22, no 3, p. 819-827.
- Sewitch, M. J., J. McCusker, N. Dendukuri et M. J. Yaffe. 2004. «Depression in frail elders: impact on family caregivers». *Int J Geriatr Psychiatry*, vol. 19, no 7, p. 655-665. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=15254922.
- Smiley-Oyen, A. L., K. A. Lowry, S. J. Francois, M. L. Kohut et P. Ekkekakis. 2008. «Exercise, fitness, and neurocognitive function in older adults: the "selective improvement" and "cardiovascular fitness" hypotheses». *Ann Behav Med*, vol. 36, no 3, p. 280-291.
- Sofi, F., D. Valecchi, D. Bacci, R. Abbate, G. F. Gensini, A. Casini et C. Macchi. 2011. «Physical activity and risk of cognitive decline: a meta-analysis of prospective studies». *J Intern Med*, vol. 269, no 1, p. 107-117.

- Spirduso, W., L. Poon et W. Chodzo-Zajko. 2008. «Using Resources and Reserves in an Exercise-Cognition Model». In *Exercise and Its Mediating Effects on Cognition*, W. Spirduso, L. Poon et W. Chodzo-Zajko, p. 3-11. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Spitzer, R. L., K. Kroenke, M. Linzer, S. R. Hahn, J. B. Williams, F. V. deGruy, 3rd, D. Brody et M. Davies. 1995. «Health-related quality of life in primary care patients with mental disorders. Results from the PRIME-MD 1000 Study». *JAMA*, vol. 274, no 19, p. 1511-1517. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=7474219>.
- Stein, M. B., et E. Barrett-Connor. 2002. «Quality of life in older adults receiving medications for anxiety, depression, or insomnia: findings from a community-based study». *Am J Geriatr Psychiatry*, vol. 10, no 5, p. 568-574. En ligne. <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12213691>>.
- Sternberg, S. A., A. Wershof Schwartz, S. Karunanathan, H. Bergman et A. Mark Clarfield. 2011. «The identification of frailty: a systematic literature review». *J Am Geriatr Soc*, vol. 59, no 11, p. 2129-2138. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=22091630>.
- Takahashi, T., Y. Arai, M. Hara, K. Ohshima, S. Koya et T. Yamanishi. 2008. «[Effects of resistance training on physical fitness, muscle strength, and natural killer cell activity in female university students]». *Nihon Eiseigaku Zasshi*, vol. 63, no 3, p. 642-650. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=18567370>.
- Taylor, A. H., N. T. Cable, G. Faulkner, M. Hillsdon, M. Narici et A. K. Van Der Bij. 2004. «Physical activity and older adults: a review of health benefits and the effectiveness of interventions». *J Sports Sci*, vol. 22, no 8, p. 703-725. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=15370483>.

Tinker, L. F., D. E. Bonds, K. L. Margolis, J. E. Manson, B. V. Howard, J. Larson, M. G. Perri, S. A. Beresford, J. G. Robinson, B. Rodriguez, M. M. Safford, N. K. Wenger, V. J. Stevens et L. M. Parker. 2008. «Low-fat dietary pattern and risk of treated diabetes mellitus in postmenopausal women: the Women's Health Initiative randomized controlled dietary modification trial». *Arch Intern Med*, vol. 168, no 14, p. 1500-1511. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=18663162.

Topinkova, E. 2008. «Aging, disability and frailty». *Ann Nutr Metab*, vol. 52 Suppl 1, p. 6-11. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=18382070.

Toulotte, C., C. Fabre, B. Dangremont, G. Lensel et A. Thevenon. 2003. «Effects of physical training on the physical capacity of frail, demented patients with a history of falling: a randomised controlled trial». *Age Ageing*, vol. 32, no 1, p. 67-73. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=12540351.

Tremblay, M.S. , J.W. Inman et J.D. Willms. 2000. «The relationship between physical activity, self-esteem, and academic achievement in 12-year-old children». *Pediatric Exercise Science*, vol. 12, p. 312-323.

US Department of Health and Human Services. 2008. «Physical Activity Guidelines for Americans». En ligne. www.health.gov/paguidelines.

van Boxtel, M. P., F. G. Paas, P. J. Houx, J. J. Adam, J. C. Teeken et J. Jolles. 1997. «Aerobic capacity and cognitive performance in a cross-sectional aging study». *Med Sci Sports Exerc*, vol. 29, no 10, p. 1357-1365. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=9346168.

van Praag, H., T. Shubert, C. Zhao et F. H. Gage. 2005. «Exercise enhances learning and hippocampal neurogenesis in aged mice». *J Neurosci*, vol. 25, no 38, p. 8680-8685.

- Vestergaard, S., C. Kronborg et L. Puggaard. 2008. «Home-based video exercise intervention for community-dwelling frail older women: a randomized controlled trial». *Aging Clin Exp Res*, vol. 20, no 5, p. 479-486. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=19039291>.
- Villareal, D. T., G. I. Smith, D. R. Sinacore, K. Shah et B. Mittendorfer. 2010. «Regular multicomponent exercise increases physical fitness and muscle protein anabolism in frail, obese, older adults». *Obesity (Silver Spring)*, vol. 19, no 2, p. 312-318. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=20489691>.
- Voelcker-Rehage, C., B. Godde et U. M. Staudinger. 2010. «Physical and motor fitness are both related to cognition in old age». *Eur J Neurosci*, vol. 31, no 1, p. 167-176. Nlm.
- Voss, M. W., R. S. Prakash, K. I. Erickson, C. Basak, L. Chaddock, J. S. Kim, H. Alves, S. Heo, A. N. Szabo, S. M. White, T. R. Wojcicki, E. L. Mailey, N. Gothe, E. A. Olson, E. McAuley et A. F. Kramer. 2010. «Plasticity of brain networks in a randomized intervention trial of exercise training in older adults». *Front Aging Neurosci*, vol. 2.
- Walston, J., E. C. Hadley, L. Ferrucci, J. M. Guralnik, A. B. Newman, S. A. Studenski, W. B. Ershler, T. Harris et L. P. Fried. 2006. «Research agenda for frailty in older adults: toward a better understanding of physiology and etiology: summary from the American Geriatrics Society/National Institute on Aging Research Conference on Frailty in Older Adults». *J Am Geriatr Soc*, vol. 54, no 6, p. 991-1001.
- Warburton, D. E., C. W. Nicol et S. S. Bredin. 2006. «Health benefits of physical activity: the evidence». *CMAJ*, vol. 174, no 6, p. 801-809. En ligne. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=16534088>.
- Weinstein, A. M., M. W. Voss, R. S. Prakash, L. Chaddock, A. Szabo, S. M. White, T. R. Wojcicki, E. Mailey, E. McAuley, A. F. Kramer et K. I. Erickson. 2011. «The association between aerobic fitness and executive function is mediated

by prefrontal cortex volume». *Brain Behav Immun.* En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=22172477.

Willenheimer, R., E. Rydberg, C. Cline, K. Broms, B. Hillberger, L. Oberg et L. Erhardt. 2001. «Effects on quality of life, symptoms and daily activity 6 months after termination of an exercise training programme in heart failure patients». *Int J Cardiol*, vol. 77, no 1, p. 25-31. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=11150622.

World Health Organization, 1996. «What quality of life? The WHOQOL Group. World Health Organization Quality of Life Assessment». *World Health Forum*, vol. 17, no 4, p. 354-356. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=9060228.

Yaffe, K., D. Barnes, M. Nevitt, L. Y. Lui et K. Covinsky. 2001. «A prospective study of physical activity and cognitive decline in elderly women: women who walk». *Arch Intern Med*, vol. 161, no 14, p. 1703-1708.

Zauszniewski, J. A., D. L. Morris, S. Preechawong et H. J. Chang. 2004. «Reports on depressive symptoms in older adults with chronic conditions». *Res Theory Nurs Pract*, vol. 18, no 2-3, p. 185-196. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=15553346.

Zelazo, P. D., F. I. Craik et L. Booth. 2004. «Executive function across the life span». *Acta Psychol (Amst)*, vol. 115, no 2-3, p. 167-183. En ligne. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=14962399.

ANNEXES

ANNEXE A

**Évaluation médicale gériatrique tenant compte des 70 déficits, tirés de
Rockwood et collègues (2005)**

Date :

AGE : _____ SEXE : _____

ANTÉCÉDENTS MÉDICAUX

CARDIOVASCULAIRE et FACTEURS DE RISQUE		Présent	Absent	Commentaires
*(1) HTA				
*(2) Diabète				
Dyslipidémie				
*MCAS	Angine			
	*(3) Infarctus du myocarde			
*(4) Insuffisance cardiaque congestive				
*(5) Arythmie				
Valvulopathie				
PULMONAIRE		Présent	Absent	Commentaires
MPOC				
Asthme				
Embolie pulmonaire				
NEUROLOGIQUE / NEUROCOGN.		Présent	Absent	Commentaires
*(6 et 7) ACV / ICT				
*(8) Maladie de Parkinson				
*(9) Troubles cognitifs ou pertes cognitives (éléments pertinents)				
*(10) Dépression				
MUSCULO-SQUELETTIQUE		Présent	Absent	Commentaires

Arthrose			
Ostéoporose			
Fractures			
AUTRES			
<i>*(11) Maladies thyroïdiennes</i>			
<i>*(12) Cancer, tumeur maligne</i>			
<i>*(13) Autres</i>			
1)	6)	11)	
2)	7)	12)	
3)	8)	13)	
4)	9)	14)	
5)	10)	15)	

SCORE DE FRAMINGHAM : _____ % RISQUE À 10 ANS : _____

Allergies :

ANTÉCÉDENTS FAMILIAUX

ANTÉCÉDENTS FAMILIAUX	Présent	Absent	Commentaires
<i>*(14) Troubles cognitifs</i>			

<i>*(15) Maladies dégénératives</i>			
Autres :			

HABITUDES DE VIE

Tabac : _____

Alcool : _____

Drogues : _____

Exercices : _____

CAPACITÉS FONCTIONNELLES

	Autonome	Reçoit de l'aide	Commentaires
AVQ			
<i>*(16) S'habiller</i>			
Se nourrir			
<i>*(17) Se laver</i>			
<i>*(18) Soins personnels</i>			
<i>*(19) Utiliser les toilettes</i>			
<i>*(20) Incontinence urinaire</i>			
<i>*(21) Changements récents dans les AVQ</i>			
AVD			
Utiliser le téléphone			
Faire ses courses			
<i>*(22) Préparer le repas</i>			
Entretenir le ménage			
Faire la lessive			

CARDIAQUE

Douleur rétrosternale (repos ou effort)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dyspnée (repos ou effort)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Palpitation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Orthopnée ou DPN	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Œdème MI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Claudication intermittente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hypotension orthostatique	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>*(26) Problèmes cardiaques</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

PULMONAIRE

Dyspnée de repos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Toux	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Expectoration	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Classe fonctionnelle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>*(27) Difficultés cardiorespiratoires</i>		

NEUROLOGIQUE

<i>*(28) Perte de conscience</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>*(29) Céphalée</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Paralysie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Paresthésie	[]	[]
-------------	-----	-----

*(30) <i>Convulsions partielles complexes</i>	[]	[]
---	-----	-----

*(31) <i>Convulsions généralisées</i>	[]	[]
---------------------------------------	-----	-----

Vision	[]	[]
--------	-----	-----

Audition	[]	[]
----------	-----	-----

GASTRO-INTESTINALE

*(32) <i>Difficulté à avaler</i>	[]	[]
----------------------------------	-----	-----

Pyrosis ou reflux	[]	[]
-------------------	-----	-----

*(33) <i>Problèmes abdominaux</i>		
-----------------------------------	--	--

(douleurs abdominales ou autres)	[]	[]
----------------------------------	-----	-----

*(34) <i>Problèmes intestinaux</i>	[]	[]
------------------------------------	-----	-----

*(35) <i>Problèmes rectaux</i>	[]	[]
--------------------------------	-----	-----

*(36) <i>Problèmes au niveau des selles</i>		
---	--	--

(diarrhée, constipation,

rectorragie, méléna)	[]	[]
----------------------	-----	-----

GÉNITO-URINAIRE

Dysurie ou hématurie	[]	[]
----------------------	-----	-----

MUSCULO-SQUELÉTIQUE

*(37) <i>Problèmes de tête ou de cou</i>	[]	[]
--	-----	-----

*(38) <i>Problèmes musculo-squelettiques</i>		
--	--	--

(douleurs articulaires ou autres)	[]	[]
-----------------------------------	-----	-----

*(39) Chute	[]	[]
-------------	-----	-----

NEUROCOGNITIF

*(40) Problèmes d'humeur	[]	[]
--------------------------	-----	-----

*(41) Tristesse, déprimé	[]	[]
--------------------------	-----	-----

*(42) Apparition de symptômes cognitifs	[]	[]
---	-----	-----

*(43) Changement de mémoire	[]	[]
-----------------------------	-----	-----

*(44) Trouble de la mémoire à court terme	[]	[]
---	-----	-----

*(45) Trouble de la mémoire à long terme	[]	[]
--	-----	-----

*(46) Changements dans le fonctionnement mental général	[]	[]
--	-----	-----

Hallucinations	[]	[]
----------------	-----	-----

*(47) Agitation	[]	[]
-----------------	-----	-----

*(48) Changement au niveau du sommeil	[]	[]
---------------------------------------	-----	-----

*(49) Altération de la conscience ou délirium	[]	[]
---	-----	-----

*(50) Éléments ou épisodes paranoïdes	[]	[]
---------------------------------------	-----	-----

AUTRES

*(51) Problèmes cutanés	[]	[]
-------------------------	-----	-----

*(52) Problèmes aux seins	[]	[]
---------------------------	-----	-----

EXAMEN PHYSIQUE

*(53) *Dépression (impression clinique) : Normal* [], *Anormal* []

TA : _____ (Bras G / D) FC : _____

	Normal	Anormal	Commentaires
Tête et cou :	[]	[]	

*(54) *Tonus musculaire du cou* [] []

*(55) *Bradykinésie faciale* [] []

Cœur : [] []

*(56) *Poumons :* [] []

Abdomen : [] []

MI : [] []

*(57) *Pouls périphérique :* [] []

**Musculosquelettique*

Gauche

Droit

	N	An	N	An
<i>*ROM Épaule</i>	[]	[]	[]	[]
<i>*ROM Coude</i>	[]	[]	[]	[]
<i>*ROM Poignet</i>	[]	[]	[]	[]
<i>*ROM Hanche</i>	[]	[]	[]	[]
<i>*ROM Genou</i>	[]	[]	[]	[]
<i>*ROM Cheville</i>	[]	[]	[]	[]

Neurologique

Nerfs crâniens :

- MOE	[]	[]
-------	-----	-----

- Symétrie faciale	[]	[]
--------------------	-----	-----

	MS		MI		
	N	An	N	An	
<i>*Tonus</i>	[]	[]	[]	[]	<i>*(58) (faible tonus)</i>
<i>*Kinésie</i>	[]	[]	[]	[]	<i>*(59) (Bradykinésie)</i>
<i>*(60) (Tremblement de repos)</i>					
<i>*(61) (Tremblement postural)</i>					
<i>*(62) (Tremblement d'intention)</i>					
Force	[]	[]	[]	[]	
Sensibilité tactile	[]	[]	[]	[]	

*(63) Sensibilité vibratoire [] [] [] []

Sensibilité position [] [] [] []

N Anormal

Romberg [] []

ROT



Réfl. glabellaire : _____

*(64) Réfl. de moue : _____

*(65) Réfl. palmomentonier Dr : ____ G : ____

Réfl. Grasping Dr : ____ G : ____

*Doigt-Nez [] []

*(66) (faible coordination?)

*Talón-Genou [] []

*(67) Position debout [] []

(difficulté à la posture debout)

Transfert [] []

*DémarCHE irrégulière?) [] []

*(68) (démarCHE

*(69) Coordination du tronc [] []

INVESTIGATIONS
RÉCENTES

70) *Problèmes thyroïdiens* : Normal [] Anormal []

CSHA CLINICAL FRAILITY SCALE

ENTOURER LA DESCRIPTION QUI CORRESPOND LE MIEUX AU PATIENT

Very fit : robust, active, energetic, well motivated and fit; these people commonly exercise regularly and are in the most fit group for their age

Well : without active disease, but less fit than people in category 1

Well, with treated comorbid disease : disease symptoms are well controlled compared with those in category 4

Apparently vulnerable : although not frankly dependent, these people commonly complain of being « slowed up » or have disease symptoms

Mildly frail : with limited dependence on others for instrumental activities of daily living

Moderately frail : help is needed with both instrumental and non-instrumental activities of daily living

Severely frail : completely dependent on others for the activities of daily living, or terminally ill

CONTRE-INDICATIONS MAJEURES	CONTRE-INDICATIONS RELATIVES
Infarctus du myocarde récent	Sténose aortique modérée
Sténose aortique sévère	Sténose sous-aortique sévère
Anévrisme disséquant de l'aorte	Tachycardie supraventriculaire non-contrôlée
Insuffisance cardiaque congestive	Activité ventriculaire ectopique fréquente
Angine instable	Anévrisme ventriculaire
Myocardite active ou récente	Hypertension artérielle modérée non-contrôlée
Embolie pulmonaire aiguë	
Tachycardie ventriculaire ou autre arythmie	

ÉPREUVE D'EFFORT (Circulation 2005; 112 :771-778):

AHA/ACC and US Preventive Services Task Force guideline :

Valeur possible pour une épreuve d'effort

Diabétique qui contemplent un programme d'exercice

Homme >45 ans et femme >55 ans

qui planifient un programme d'exercice vigoureux

qui sont dans une occupation à risque élevé

qui sont à risque pour maladie coronarienne à cause d'autres comorbidités : MVAS, IRC

Greenland *et al.* Circulation 2001; 104 :1863-1867

Épreuve d'effort indiquée si

Framingham Risk Score >2 % / an

Valeur possible pour une épreuve d'effort

Framingham Risk Score entre 0.6 et 2 % / an

IMPRESSION / RECOMMANDATIONS

- PEUT PARTICIPER ☐ FAIRE ATTENTION À :

- PEUT PARTICIPER ☐ mais le programme d'entraînement doit débuter de façon très progressive (exercices très légers au début) et doit atteindre de façon maximale un niveau d'intensité modéré (pas d'entraînement vigoureux).

FAIRE ATTENTION À: _____

- NE PEUT PAS PARTICIPER ☐

INVESTIGATIONS À COMPLÉTER AVANT APPROBATION ☐

ECG ☐

Épreuve d'effort ☐

Consultation en cardiologie []

Autres []: _____

Date : _____

Signature : _____

ANNEXE B

Critères utilisés pour définir la fragilité (adapté de Fried *et al.*, 2001)

0
1

- **Perte de poids:** « Durant la dernière année, avez-vous perdu plus de 10 livres de façon non-intentionnelle (c'est-à-dire en ne faisant pas de diète ou d'exercices particuliers)? » Si oui, la personne est évaluée comme étant fragile pour le critère de perte de poids.

- Perte de poids non-intentionnelle : _____

- **Fatigue constante:** En utilisant le « CES-D Depression scale », les 2 énoncés suivants sont lus...

- a) J'ai eu l'impression que toute action me demandait un effort :

- b) J'ai manqué d'entrain : _____

0
1

- « Combien de fois dans la dernière semaine vous êtes-vous senti comme ça? »

- 0 = rarement ou jamais (<1 jour),
 - 1 = occasionnellement (1-2 jours),
 - 2 = assez souvent (3-4 jours),
 - ou 3 = fréquemment, tout le temps.

- Les participants répondant «2» ou «3» à l'une ou l'autre de ces questions est catégorisé comme étant fragile pour le critère de fatigue.

0
1

- **Activités physiques:** Basé sur la version abrégée du «Modifiable Activity Questionnaire» relatant les activités pratiquées durant la dernière année, telles que la marche, le jardinage, la bicyclette, la course à pieds, etc. Les Kcals dépensés par semaine suite aux activités physiques sont calculés en utilisant un algorithme standardisé. Cette variable est stratifiée en fonction du genre.

Hommes: Ceux qui ont une dépense d'activité physique <383 Kcals

par semaine sont fragiles.

Femmes: Ceux qui ont une dépense d'activité physique <270 Kcals

par semaine sont fragiles.

- **Vitesse de marche**, stratifié en fonction du genre et de la grandeur.
 - o **Résultat :**

<div>0</div> <div>1</div>	Homme	Seuil afin de répondre au critère de fragilité pour ce qui est du temps pris à marcher une distance de 15 pieds
	Grandeur ≤ 173 cm	≥ 7 secondes
	Grandeur > 173 cm	≥ 6 secondes
	Femme	
	Grandeur ≤ 159 cm	≥ 7 secondes
	Grandeur > 159 cm	≥ 6 secondes

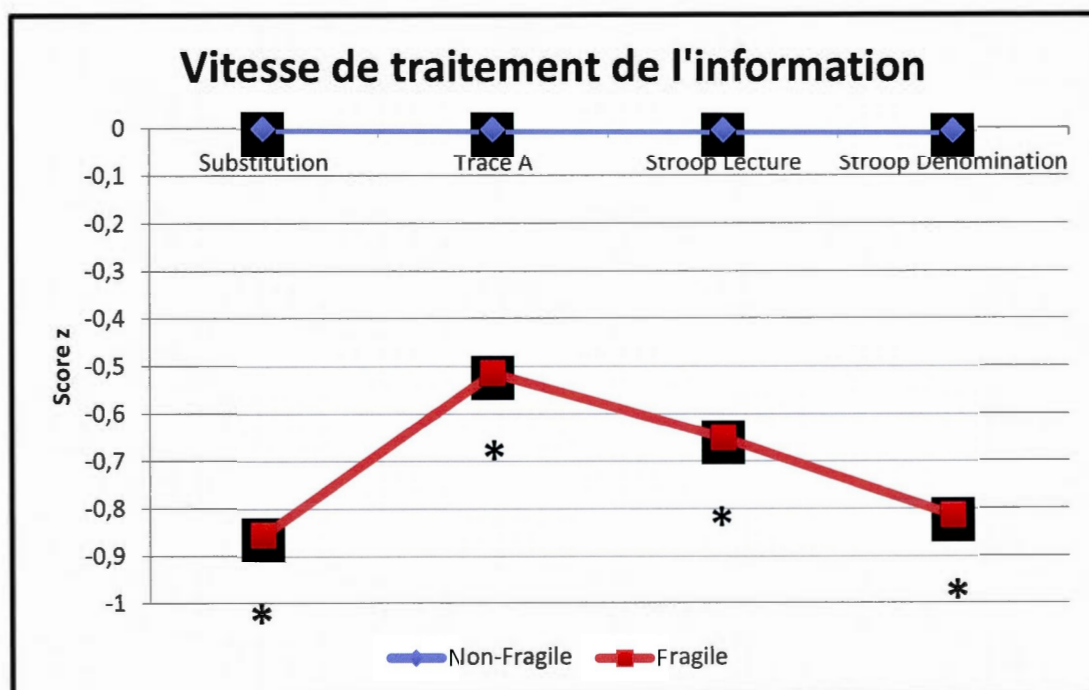
- **Force de préhension**, stratifiée en fonction du genre et de l'Indice de Masse Corporelle (IMC):
 - o **Résultat :**

0	Homme	Seuil afin de répondre au critère de fragilité pour ce qui est de la force de préhension (Kg)
1		

IMC ≤ 24	≤ 29
IMC 24,1- 26	≤ 30
IMC 26,1- 28	≤ 30
IMC > 28	≤ 32
<i>Femme</i>	
IMC ≤ 23	≤ 17
IMC 23,1- 26	$\leq 17,3$
IMC 26,1- 29	≤ 18
IMC > 29	≤ 21

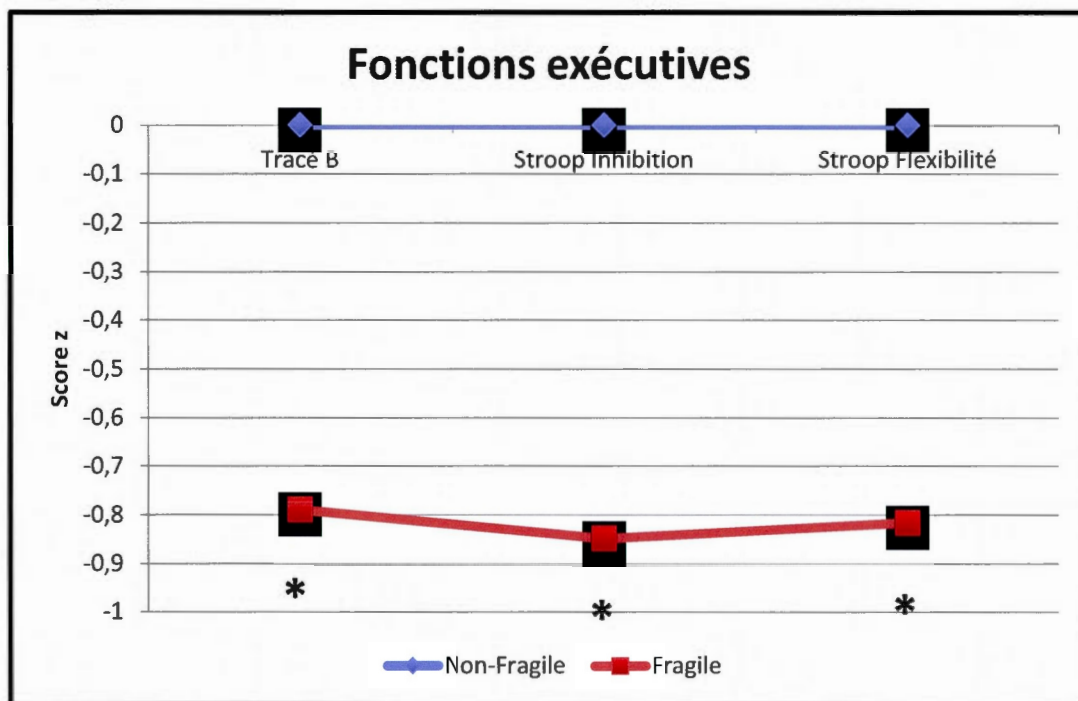
ANNEXE C

Figure qui illustre la différence de score z (Article 1) entre les aînés non fragiles, qui constituent la norme (score $z = 0$), et les aînés fragiles, pour l'ensemble des mesures évaluant la vitesse de traitement de l'information. * = $p < .05$ pour l'effet de fragilité.



ANNEXE D

Figure qui illustre la différence de score z (Article 1) entre les aînés non fragiles, qui constituent la norme (score $z = 0$), et les aînés fragiles, pour l'ensemble des mesures évaluant les fonctions exécutives. * = $p < .05$ pour l'effet de fragilité.



ANNEXE E

Tableau qui illustre les corrélations (Article 1) entre l'ensemble des mesures physiques, cognitives, et de la qualité de vie, pour tous les participants à l'étude (fragiles et non fragiles). * = $p < .05$; ** = $p < .01$.

	Capacités physique					Cognition		Qualité de vie				
	Endurance physique	Vitesse de marche	Force	Mobilité	Capacités fonctionnelles	Vitesse	Fonctions executives	Globale	Santé physique	Loisirs	Entretien ménager	Capacités physique
Capacités physique	Endurance physique Pearson correlation p value	1,000 ,836** ,000	,337** ,002 ,000	-,716** ,000 ,000	,820** ,000 ,000	-,334** ,002 ,000	-,211 ,053 ,000	-,081 ,474 ,026	-,274* ,013 ,111	-,106 ,345 ,050	-,317** ,004 ,331**	-,498** ,000 ,396**
	Vitesse de marche Pearson correlation p value	,836** ,000 ,000	1,000 ,366** ,001	-,828** ,000 ,000	,833** ,000 ,000	-,319** ,003 ,000	-,173 ,117 ,000	,026 ,815 ,120	-,111 ,320 ,214	,050 ,655 ,007	-,331** ,002 ,223*	-,396** ,000 ,281*
	Force Pearson correlation p value	,337** ,002 ,000	1,000 ,366** ,001	-,828** ,000 ,000	,330** ,000 ,000	-,084 ,450 ,210	-,139 ,210	-,120 ,282	-,214 ,054	-,007 ,951	-,223* ,044	-,281* ,010
	Mobilité Pearson correlation p value	-,716** ,000 ,000	-,828** ,000 ,000	1,000 ,367** ,001	-,793** ,000 ,000	,367** ,001 ,000	,128 ,248 ,183	-,061 ,585 ,1033	,094 ,401 ,219*	-,114 ,308 ,006	,343** ,002 ,363**	,292** ,008 ,482**
	Capacités fonctionnelles Pearson correlation p value	,820** ,000 ,000	,833** ,000 ,000	-,319** ,003 ,000	-,173 ,117 ,000	-,081 ,474 ,026	-,211 ,053 ,000	-,081 ,474 ,026	-,274* ,013 ,111	-,106 ,345 ,050	-,317** ,004 ,331**	-,498** ,000 ,396**
	Vitesse Pearson correlation p value	-,334** ,002 ,000	-,211 ,053 ,000	-,081 ,474 ,026	-,211 ,053 ,000	-,081 ,474 ,026	-,211 ,053 ,000	-,081 ,474 ,026	-,274* ,013 ,111	-,106 ,345 ,050	-,317** ,004 ,331**	-,498** ,000 ,396**
Cognition	Fonctions executives Pearson correlation p value	-,211 ,053 ,000	-,081 ,474 ,026	-,211 ,053 ,000	-,081 ,474 ,026	-,211 ,053 ,000	-,081 ,474 ,026	-,274* ,013 ,111	-,106 ,345 ,050	-,317** ,004 ,331**	-,498** ,000 ,396**	1,000 ,000 ,000
	Globale Pearson correlation p value	-,081 ,474 ,026	-,211 ,053 ,000	-,081 ,474 ,026	-,211 ,053 ,000	-,081 ,474 ,026	-,211 ,053 ,000	-,081 ,474 ,026	-,274* ,013 ,111	-,106 ,345 ,050	-,317** ,004 ,331**	-,498** ,000 ,396**
Qualité de vie	Santé physique Pearson correlation p value	-,274* ,013 ,111	-,106 ,345 ,050	-,317** ,004 ,331**	-,498** ,000 ,281*	-,334** ,002 ,000	-,211 ,053 ,000	-,081 ,474 ,026	-,274* ,013 ,111	-,106 ,345 ,050	-,317** ,004 ,331**	-,498** ,000 ,396**
	Loisir Pearson correlation p value	-,106 ,345 ,000	-,050 ,655 ,000	-,331** ,002 ,000	-,498** ,000 ,281*	-,334** ,002 ,000	-,211 ,053 ,000	-,081 ,474 ,026	-,274* ,013 ,111	-,106 ,345 ,050	-,317** ,004 ,331**	-,498** ,000 ,396**
	Entretien ménager Pearson correlation p value	-,317** ,004 ,000	-,498** ,000 ,281*	-,334** ,002 ,000	-,498** ,000 ,281*	-,334** ,002 ,000	-,211 ,053 ,000	-,081 ,474 ,026	-,274* ,013 ,111	-,106 ,345 ,050	-,317** ,004 ,331**	-,498** ,000 ,396**
	Capacités physiques Pearson correlation p value	-,498** ,000 ,000	-,396** ,000 ,000	-,281* ,010 ,000	-,482** ,000 ,000	-,085 ,449 ,846	-,022 ,846 ,617**	-,617** ,000 ,000	-,622** ,000 ,000	-,471** ,000 ,000	-,557** ,000 ,000	1,000 ,000 ,000
		-,000 ,000 ,000	-,010 ,000 ,000	-,008 ,000 ,000	-,000 ,000 ,000	-,449 ,846 ,000	-,022 ,846 ,000	-,617** ,000 ,000	-,622** ,000 ,000	-,471** ,000 ,000	-,557** ,000 ,000	1,000 ,000 ,000

ANNEXE F

Tableau (Article 2) montrant les impacts de l'entraînement physique (groupe contrôle vs. entraînement) chez les aînés fragiles et non fragiles, pour l'ensemble des mesures physiques, cognitives, et de la qualité de vie.

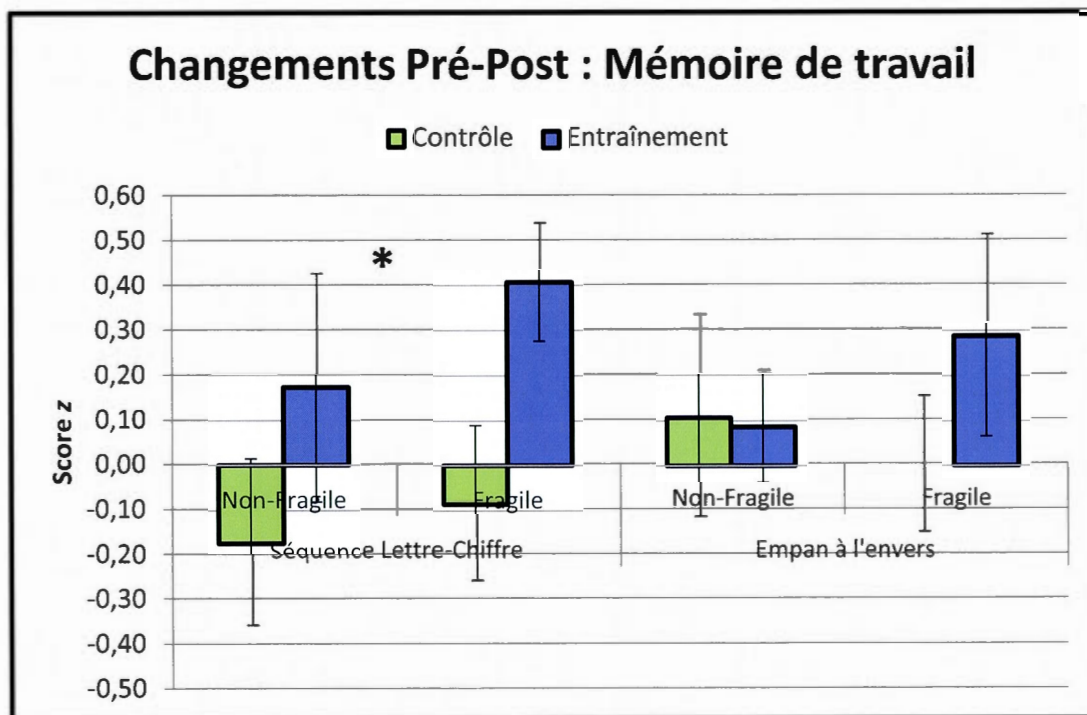
Measure	Intervention group (n=36)				Control group (n=36)			
	Non-frail (n=19)		Frail (n=17)		Non-frail (n=19)		Frail (n=17)	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
PHYSICAL CAPACITY								
Functional capacities (PPT)	30.26 ± 2.21	32.32 ± 2.34	21.24 ± 6.03	25.71 ± 5.34	30.84 ± 2.77	31.26 ± 2.94	23.47 ± 5.26	24.06 ± 4.53
Grip strength (in kg)	21.69 ± 6.23	22.50 ± 6.47	15.91 ± 7.50	16.93 ± 6.83	20.60 ± 8.21	20.82 ± 8.07	17.08 ± 6.62	16.91 ± 6.66
Physical endurance (6-MWT)	517.63 ± 66.36	540.74 ± 63.43	357.59 ± 126.18	395.71 ± 112.76	529.84 ± 83.43	540.29 ± 96.08	395.06 ± 78.22	399.71 ± 76.15
Mobility (TuG)#	9.01 ± 1.79	8.02 ± 0.93	13.47 ± 5.05	11.45 ± 3.30	8.97 ± 1.38	8.23 ± 1.61	12.44 ± 5.04	11.34 ± 3.26
Gait speed (m per second)	1.57 ± 0.17	1.60 ± 0.15	1.21 ± 0.34	1.24 ± 0.31	1.54 ± 0.22	1.60 ± 0.24	1.24 ± 0.21	1.28 ± 0.16
COGNITION								
Global cognitive functioning (MMSE)	28.89 ± 0.99	28.95 ± 0.97	28.35 ± 1.58	28.47 ± 1.12	28.53 ± 1.12	28.68 ± 0.89	28.35 ± 1.00	28.0 ± 1.32
Abstract verbal reasoning (Similarities)	23.79 ± 6.20	24.68 ± 5.01	18.35 ± 5.11	19.82 ± 5.25	20.53 ± 5.48	21.21 ± 5.18	18.88 ± 7.17	19.0 ± 6.59
Processing speed (TMT A and Digit coding) #	52.99 ± 10.37	48.07 ± 7.10	62.29 ± 9.08	58.18 ± 9.48	50.67 ± 9.59	48.63 ± 8.45	62.29 ± 11.41	61.37 ± 12.45
Working memory (LN Sequencing and DS backward)	8.26 ± 1.95	8.61 ± 2.42	6.06 ± 1.57	6.97 ± 1.12	7.42 ± 2.43	7.32 ± 2.88	8.09 ± 2.26	7.97 ± 2.36
Episodic memory (RAVLT)	8.63 ± 1.62	9.79 ± 2.00	7.32 ± 1.69	8.91 ± 2.00	8.91 ± 2.56	9.40 ± 2.53	7.39 ± 2.33	8.68 ± 2.77
Executive functions (Stroop Int. and Flex., TMT B) #	72.32 ± 14.92	62.08 ± 16.35	112.24 ± 30.27	96.87 ± 30.37	78.43 ± 28.75	80.34 ± 31.50	115.86 ± 51.44	109.51 ± 43.22
QUALITY OF LIFE (ISQV) #								
Global	18.28 ± 9.43	15.65 ± 7.58	14.88 ± 6.90	14.13 ± 6.58	11.74 ± 6.11	15.21 ± 10.74	18.53 ± 9.80	18.36 ± 10.10
Physical health	18.52 ± 11.44	16.98 ± 10.39	19.20 ± 10.40	16.31 ± 10.71	10.93 ± 6.23	15.04 ± 11.34	20.02 ± 11.03	21.15 ± 11.60
Leisure	17.63 ± 12.66	12.13 ± 8.53	15.76 ± 12.81	12.05 ± 7.59	10.43 ± 7.53	15.63 ± 11.80	16.13 ± 11.89	16.65 ± 9.08
Social/Family	19.68 ± 16.89	15.03 ± 11.63	12.00 ± 12.07	11.54 ± 8.01	10.75 ± 8.56	17.09 ± 16.71	15.36 ± 12.79	16.04 ± 15.07
Housekeeping efficacy	19.78 ± 15.18	18.09 ± 12.86	20.29 ± 15.38	17.67 ± 13.84	9.97 ± 9.40	16.44 ± 15.86	25.94 ± 16.75	25.07 ± 15.18
Affectivity	18.43 ± 12.72	16.79 ± 11.79	11.27 ± 7.16	13.08 ± 12.49	13.42 ± 10.05	15.06 ± 13.49	17.09 ± 12.36	16.21 ± 12.89

Cognition	18.87 ± 12.66	15.11 ± 12.40	20.68 ± 14.99	33.96 ± 21.85	17.01 ± 13.74	16.66 ± 10.76	24.69 ± 13.94	19.89 ± 11.78
Finance	14.67 ± 13.43	15.63 ± 9.70	9.29 ± 9.45	10.15 ± 8.22	10.32 ± 9.51	14.20 ± 12.16	11.12 ± 10.95	10.79 ± 9.04
Marital relationship	18.84 ± 19.01	14.39 ± 13.67	7.37 ± 7.35	6.98 ± 5.80	19.90 ± 13.12	18.17 ± 15.36	24.16 ± 22.92	19.68 ± 14.22
Spirituality	15.44 ± 13.63	12.82 ± 11.57	7.11 ± 5.75	10.81 ± 9.59	9.73 ± 6.66	9.05 ± 7.48	12.32 ± 10.33	17.73 ± 12.31
Physical capacity	17.32 ± 9.13	12.73 ± 7.03	28.26 ± 15.03	22.33 ± 11.78	14.31 ± 12.17	18.50 ± 16.82	25.94 ± 13.35	25.52 ± 14.81

Note. # A lower score on these tests indicates better performance. Mean scores are presented ± SD.

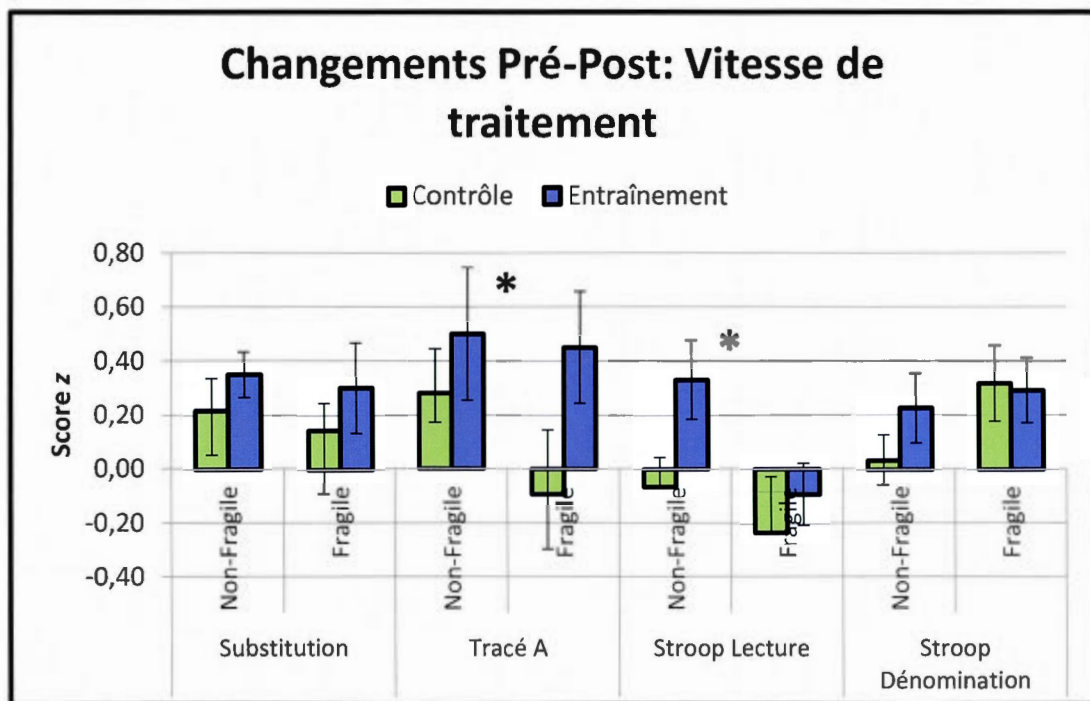
ANNEXE G

Figure illustrant le score z de changement (Article 2) Pré-Post des groupes contrôle et entraînement, entre les aînés fragiles et non fragiles, pour chacune des mesures de la mémoire de travail. * = $p < .05$ pour l'effet groupe (traduisant un effet bénéfique de l'intervention physique).



ANNEXE H

Figure illustrant le score z de changement (Article 2) Pré-Post des groupes contrôle et entraînement, entre les aînés fragiles et non fragiles, pour chacune des mesures de la vitesse de traitement de l'information. * = $p < .05$ pour l'effet groupe (traduisant un effet bénéfique de l'intervention physique).



ANNEXE I

Figure illustrant le score z de changement (Article 2) Pré-Post des groupes contrôle et entraînement, entre les aînés fragiles et non fragiles, pour chacune des mesures des fonctions exécutives. * = $p < .05$ pour l'effet groupe (traduisant un effet bénéfique de l'intervention physique).

